HYSPAMERICA

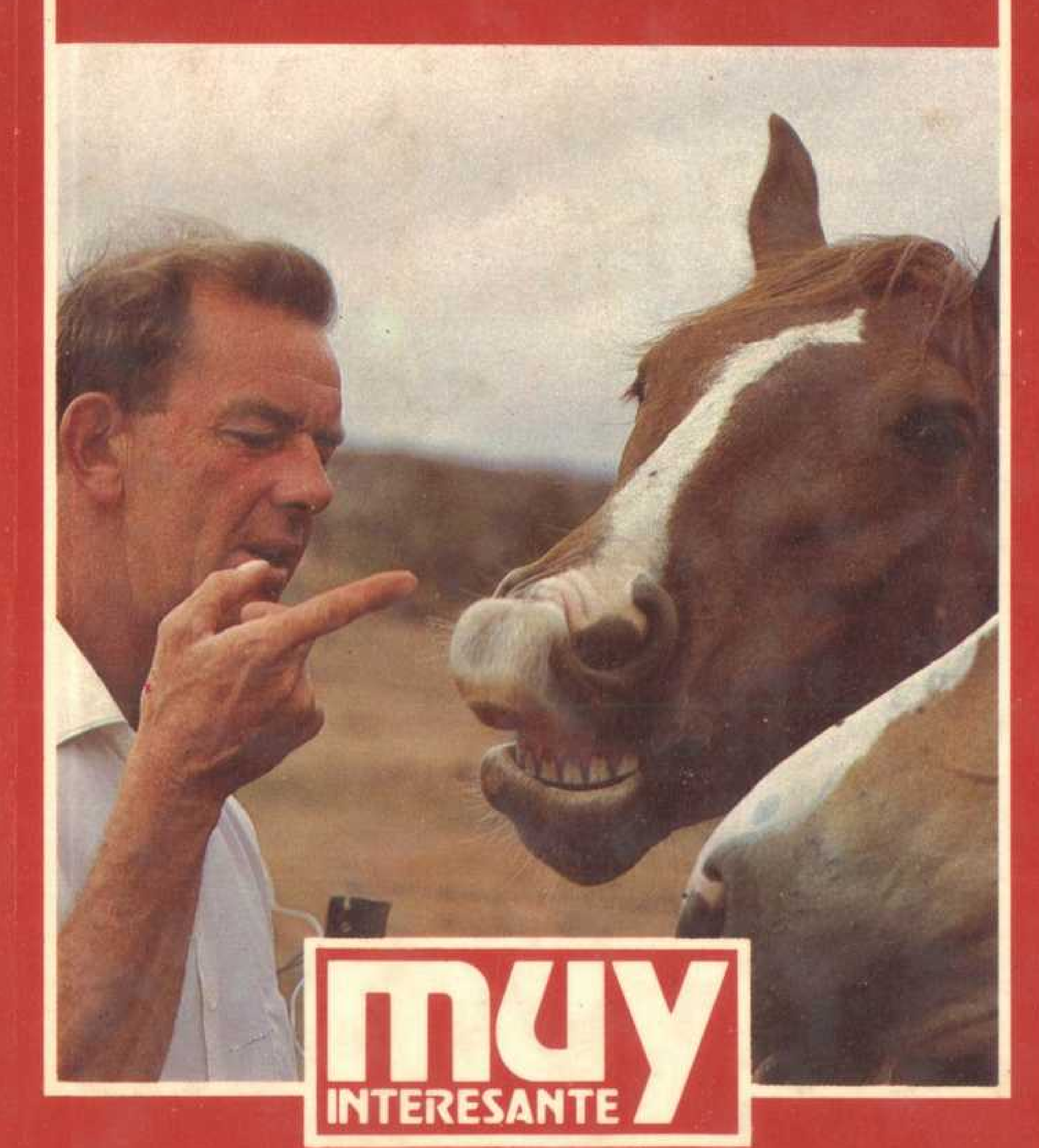
HOMBRE Y ANIMAL

K. Lorenz y otros

25

HOMBRE Y ANIMAL

Lorenz, Tinbergen, Von Frisch, Koehler, Grzimek y otros



BIBLIOTECA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

Biblioteca
de Divulgación Científica



EX LIBRIS Scan Digit



The Doctor

http://thedoctorwho1967.blogspot.com.ar/

http://el1900.blogspot.com.ar/

http://librosrevistasinteresesanexo.blogspot.com.ar/

KONRAD LORENZ
BERNHARD GRZIMEK
KARL VON FRISCH
ERICH VON HOLST
SVEN DIJKGRAAF
HANSJOCHEM AUTRUM
OTTO KOEHLER
N. TINBERGEN

Editado por Heinz Friedrich

HOMBRE Y ANIMAL

Estudios sobre comportamiento

EDICIONES ORBIS, S. A.
Distribución exclusiva para Argentina, Chile, Paraguay, Perú y Uruguay.



HYSPAMERICA

Título original: *Mensch und Tier: Ausdrucksformen des Lebendigen*
Traducción: Alfredo Cruz Herce
Asesor científico de la colección: Pedro Puigdomènech
Dirección de la colección: Virgilio Ortega.

© Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH, KG, Munich, 1968
© Hermann Blume Ediciones, Madrid 1975
© Por la presente edición, Ediciones Orbis, S. A., 1985
© Foto portada: A.G.E.

Distribución exclusiva para Argentina, Chile, Paraguay, Perú y Uruguay:
HISPAMERICA EDICIONES ARGENTINA, S. A.
Corrientes, 1437, 4.° piso. (1042) Buenos Aires
Tels. 46-4385/4484/4419

ISBN: 84-7634-307-8
Depósito legal: M. 24334-1986

Impreso por Artes Gráficas EMA, S. A. Miguel Yuste, 27.
28037 Madrid

Papel offset COUTO

Encuadernado por LARMOR

Printed in Spain

PRÓLOGO

Hoy día es casi obligado, en los círculos cultos, poder hablar con conocimiento de causa sobre la conducta comparada de los animales y del hombre. Los libros sobre el tema, algunos de ellos *best-sellers,* han proliferado como hongos.

Hace cosa de diez años estos libros no atraían sino a un muy limitado número de lectores; las alusiones más comedidas al tratamiento comparado de las conductas animal y humana eran acogidas con indulgencia y escepticismo por la mayoría de los intelectuales, cuyos prejuicios —o ignorancia— frente a la biología bastaban para evitar cualquier interés por el tema. Sencillamente, no se estaba por la labor de colocar al *Homo sapiens,* distinguido por la primacía de su genio espiritual, al nivel de los animales, y de reducir sus respuestas, sus emociones y su discernimiento a un mero ejercicio de las leyes de la naturaleza, que repentinamente se suponían válidas tanto para el hombre como para los animales superiores.

El cambio de actitud durante la última década y media hacia la investigación sobre la conducta comparada parece de lo más sorprendente. Aunque los hechos descubiertos por los estudiosos de la psicología animal como resultado de su trabajo y experiencias no son de ningún modo más cómodos de contemplar ahora que antes, la investigación en comportamiento animal, o «etología», ha avanzado hasta convertirse en una ciencia de primera línea en todo el mundo, lo mismo que la sociología, dada a conocer al principio como un objeto de investigación de buen tono, y cuyo progreso no ha alcanzado el clímax ni mucho menos. Pero estos avances no resultan tan raros cuando se recuerda que la antropología, que tiene su origen en el humanismo idealista del

siglo diecinueve, estaba mal equipada para las nuevas realidades humanas del siglo veinte.

Incluso la sociología, que había avanzado mucho en el terreno de la ciencia pura a partir de su propia base humanística, alcanzó su límite cuando se le exigió definir el origen último de ciertos problemas sociales. Si los sociólogos no quieren enredarse en hipótesis y especulaciones vagas, no tienen más remedio que consultar a sus colegas de los departamentos de historia natural que han descubierto hace tiempo que el hombre, tan idealista y solemnemente considerado como el portador único de la verdad, el bueno y el hermoso, estaba en realidad lejos de ser la criatura única que con tanto interés había pensado. También habían descubierto que el muy querido «libre albedrío» no era tan cierto como se había supuesto, según demuestran ciertas sorprendentes acciones del *Homo sapiens.* Por el contrario, se alza la fundada sospecha de que la humanidad sola no podrá ayudar al hombre a escapar de ciertas pautas básicas sobre las que la naturaleza ha conformado su verdadera existencia, incluso en las esferas en las que espera liberarse de las pautas orgánicas predeterminadas de existencia. Konrad Lorenz aportó ejemplos concluyentes en su decisivo trabajo sobre la agresión.

Por otra parte, los naturalistas han sido criticados por su tendencia a confinar a la humanidad dentro de los límites de una consideración materialista y mecánica en lo que a los problemas psico-biológicos se refiere. En concreto se ha dicho de la investigación etológica que reduce las cuestiones antropológicas a sus simples aspectos físicos, excluyendo así el lado metafísico de la vida, sin el que la humanidad pierde su grandeza. Si bien los científicos naturalistas han entablado batalla pocas veces con los metafísicos, menos aún se han inmiscuido en sus dominios (quienes, como Haeckel u Ostwald, han cometido el error de traspasarlos han ayudado escasamente a ellos mismos o a su disciplina); simplemente han tratado de delimitar las realidades básicas con las que se enfrenta la ciencia natural, proporcionando así cuestiones metafísicas con cierta salvaguardia de ilusiones trascendentales y callejones especulativos sin salida. Preguntarse sobre la naturaleza real del hombre requiere llegar a un acuerdo con los ingredientes fisiológicos básicos del *Homo sapiens,* porque el espíritu está intrínsecamente ligado a las funciones del cuerpo. La concepción dualista de la existencia del hombre es aún ampliamente defendida, pero hay una acción de retaguardia que lucha a la luz de los innumerables hechos reunidos por la ciencia

que apuntan hacia la unidad de los procesos vivientes. Tales hechos hace tiempo que fueron intuitivamente comprendidos por mentes cultas, desde Heráclito hasta Nietzsche. La moderna cibernética, al clarificar los procesos de información, ha aportado la concluyente demostración de la actividad coordinada de la percepción sensorial y las respuestas corporales, que suponen la evaluación y transformación de lo que se percibe. Sin una inteligencia directriz, que de alguna manera se activa incluso en los menores organismos unicelulares, los organismos se desintegran en una masa amorfa, y pierden su unidad, muriendo y liberando sus partículas para incorporarse en nuevos organismos. Pero la inteligencia no puede existir en el vacío, sin órganos físicos. La cooperación de mente y cuerpo, de energía y materia, es necesaria para el origen y mantenimiento de la vida. El genial Einstein formuló una ley general de la naturaleza que implicaba estos tres factores de un modo tan sencillo y conciso como éste: $e = mc^2$ (energía igual a masa multiplicada por el cuadrado de la velocidad de la luz). Si esta fórmula es correcta (y hay una aplastante evidencia de que lo es), sería un disparate ignorar las consecuencias que de ella se derivan: por ejemplo, que las modalidades de vida generadas de acuerdo con la fórmula siempre vuelven con diferentes variaciones, determinando así el comportamiento de todas las criaturas, pero que, dentro de ciertos límites, es posible algún desarrollo autodeterminado.

Inspirados en tal panorama, los etólogos, observando y comparando las pautas de comportamiento de muchas especies diferentes de animales, aportaron alguna explicación del funcionamiento de los «aparatos de representación del mundo» de los organismos vivos (para utilizar la expresión de Konrad Lorenz). La importancia de la distinción entre caracteres adquiridos y heredados resulta clara. Se descubrieron los llamados «mecanismos de disparo», que en gran medida son responsables de la conducta característica de los individuos de una especie, y que son independientes de las intenciones individuales. Para referirnos solamente a algunos de entre los etólogos más eminentes de hoy día, diremos que Otto Koehler descubrió el fenómeno del «pensamiento no verbal», Konrad Lorenz ilustró el de la *Gestaltwahrnehmung* (la percepción de la forma) y la agresión, y N. Tinbergen analizó la conducta social de los animales. Científicos como éstos han llegado a conclusiones trascendentales que han estimulado posteriores investigaciones, comparaciones y analogías con la conducta humana. Repentinamente se encontró

explicación a muchos hechos aparentemente incongruentes que antes habían rechazado la clasificación lógica de los antropólogos porque, utilizando un término de la cibernética, el «programa» que determina ciertas formas de conducta era desconocido.

El esclarecimiento de los secretos de la conducta humana se acelera continuamente gracias a la fascinante y todavía relativamente joven ciencia de la etología, una rama de la zoología que ocupa una posición central entre las ciencias naturales y las humanidades, entre la física y la metafísica. Los horizontes de la ciencia natural se ensancharon considerablemente cuando se abandonó el viejo positivismo pragmático. Los humanistas de ahora tienen que aceptar más biología que los de antaño, que meditaban sobre el más allá o la existencia del hombre en la tierra. Es de esperar que las futuras generaciones, no solamente los científicos, estarán agradecidas por los resultados de la investigación etológica.

La mayoría de las contribuciones —de etólogos de primera línea— publicadas aquí fueron originalmente escritas para la radio en los primeros cincuenta, pero ninguna ha perdido su valor intrínseco o informativo, sino más bien al contrario.

Debo agradecer a los autores su cooperación para presentar sus trabajos a un público más amplio y mejor informado que el de hace dos décadas. Todos ellos han corregido y aumentado sus artículos para esta edición. El profesor Koehler ha encontrado dificultades considerables para rehacer totalmente su contribución «Prototipos de sistemas de comunicación humanos en animales». El editor quiere expresar su particular agradecimiento por la distinción dada a su proyecto. También es de agradecer la colaboración de Mr. Hermann Kacher, que ha dibujado los cuervos que tan ampliamente ilustran el artículo del profesor Lorenz; y la de Verlag Alfred Kröner, Stuttgart, que permitió amablemente al editor reimprimir los textos.

HEINZ FRIEDRICH

NOTAS SOBRE LOS AUTORES

Profesor Dr. Hansjochem Autrum, nacido en 1907, es un experto conocido en todo el mundo en fisiología de los sentidos. Es Principal del Instituto Zoológico de la Universidad de Munich, donde enseña y dirige la investigación.

Profesor Dr. Sven Dijkgraaf, nacido en 1908, es Principal del Laboratorio de Fisiología comparada de la Universidad de Utrecht. Es un conocido especialista en etología.

Heinz Friedrich, nacido en 1922, es Managing Director de Deutscher Taschenbuch Verlag, Munich. Anteriormente fue editor de Ciencia y Literatura en el Hessischer Rundfunk, Frankfurt.

Profesor Dr. Karl von Frisch, nacido en 1886, precedió al Profesor Autrum como Principal en el Instituto Zoológico de Munich. Descubrió el «lenguaje de las abejas». Además de sus trabajos científicos escribió el popular libro *Unsere Haunsgenossen* (Nuestros vecinos) y *Du und das Leben* (Tú y la vida). Premio Nobel en 1973.

Profesor Dr. Bernhard Grzimek, nacido en 1909, es director del Parque Zoológico de Frankfurt a. M. También enseña en la Universidad de Giessen. Ha publicado algunos libros sobre sus experiencias con animales, en particular sobre sus expediciones a las Reservas Africanas de caza *(Sergengeti shall not die).* Bajo su dirección está empezando a compilarse una historia de los animales en treinta volúmenes: *Tierleben* (Vida de los animales).

Profesor Dr. Erich von Holst, nacido en 1908; hasta su muerte en 1962, dirigió con Konrad Lorenz el Instituto Max Planck de Fisiología del Comportamiento, en Seewiesen. Su brillante labor investigadora sobre la fisiología del sistema nervioso central ejerció una influencia decisiva no sólo en la zoología sino también en la cibernética. Sus obras completas están actualmente traducidas al inglés bajo el título *The Behavioural Physiology of Animals and Men.*

Profesor Dr. Otto Koehler, nacido en 1889, Profesor Emérito de Zoología en la Universidad de Freiburg en Breisgau, editó hasta hace poco, junto con Konrad Lorenz, *Zeirschrift für Tierpsichologie* (Journal of Animal Psychology). Su trabajo sobre pensamiento no verbal en animales fue un factor decisivo para reunir la psicología animal y humana.

Profesor Dr. Konrad Lorenz, nacido en 1903, ha sido director del Instituto Max Planck de Fisiología del Comportamiento en Seewiesen desde su fundación. Se le considera el fundador de la moderna etología. Konrad Lorenz es ampliamente conocido por sus dos libros de divulgación *El anillo del rey Salomón* y *Sobre la agresión,* y su colección de trabajos científicos *Consideraciones sobre las conductas animal y humana.* En 1973 recibió el Premio Nobel de Medicina o Fisiología, junto con Von Frisch y Tinbergen.

Profesor N. Tinbergen, nacido en 1907, es Profesor de Conducta Animal en el departamento de Zoología de la Universidad de Oxford. Es conocido sobre todo por sus investigaciones sobre las relaciones sociales de los animales y los estudios de adaptación para sobrevivir en condiciones naturales. Sus libros de divulgación incluyen *The Herring Gull's World* y *Animal Tracks,* mientras que dos de sus libros más técnicos —*El estudio del instinto* y *El comportamiento social de los animales*— se han convertido en textos obligados en las universidades. Premio Nobel en 1973.

NOTA DEL EDITOR INGLÉS

Las referencias a la publicación *Zeitschrift für Tierpsychologie* del texto de la edición original alemana de este volumen (*Mensch und Tier,* Deutscher Taschenbuch Verlag, Munich, 1968) se han excluido de la presente edición.

El ensayo del profesor Tinbergen incluido en la edición alemana bajo el título «Uber Kampf und Dronen im Tierrich» ha sido reemplazado aquí por el texto (descuidadamente editado) de su lectura inaugural como Profesor de Comportamiento Animal en la Universidad de Oxford, tal como la publicó *Science,* Vol. 160, pp. 1411-1418, 28 de junio de 1968. Agradecemos al profesor Tinbergen y a la Asociación Americana para el Progreso de la Ciencia su permiso para reimprimir este material de su propiedad.

Los editores y el traductor quieren agradecer a Sir Gavin de Beer y al Dr. R. D. Martin, del Departamento de Antropología, University College, London, por la deferencia de corregir la terminología en la preparación de la edición inglesa de este volumen.

LA EVOLUCIÓN DE LA CONDUCTA

KONRAD LORENZ

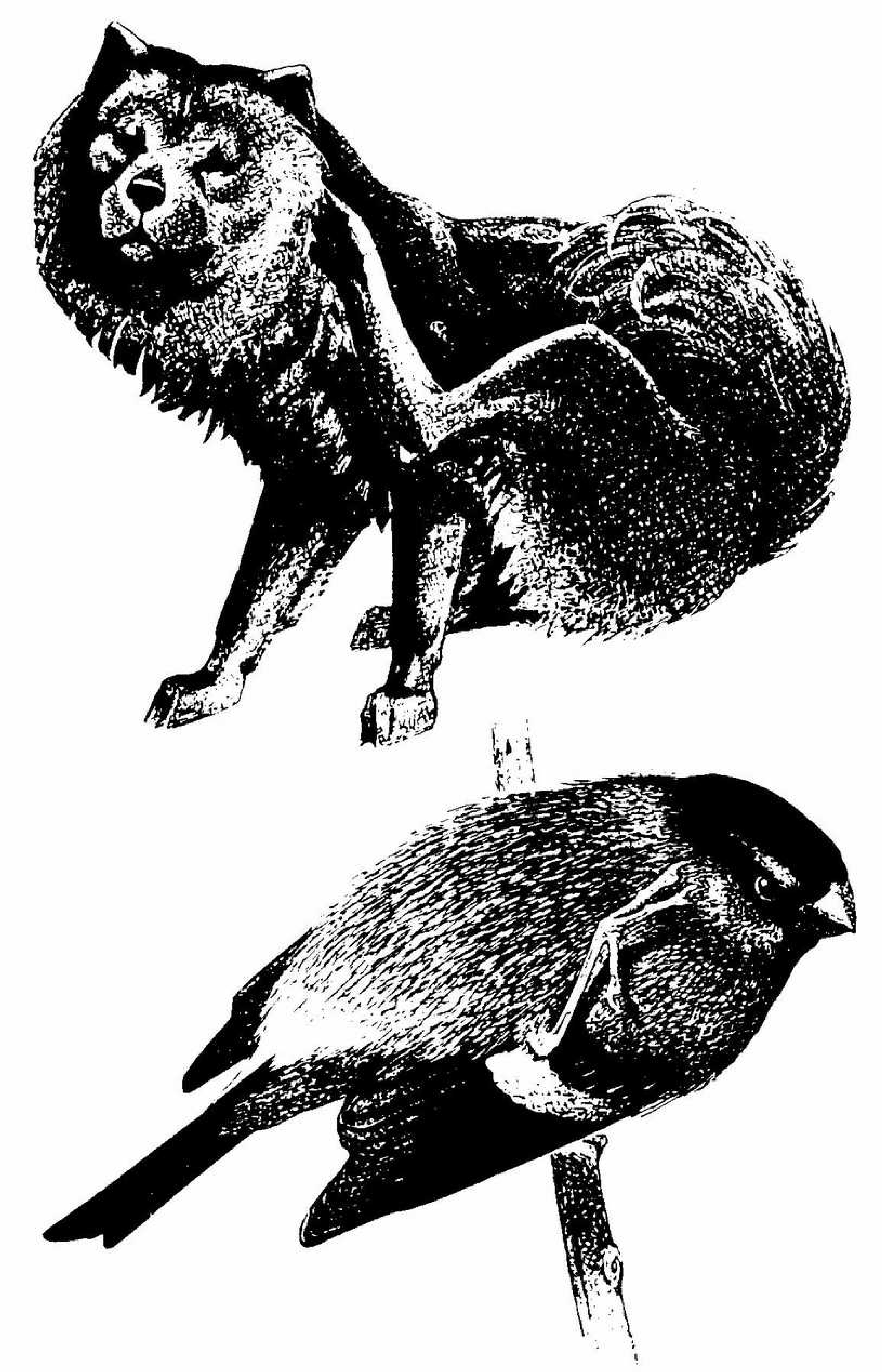
Por debajo de los diversos tipos de conducta variada que los animales aprenden, subyacen las pautas motoras invariables que heredan. Esos rasgos de conducta constituyen una característica específica, lo mismo que la estructura y forma corporal.

La aleta de una ballena, el ala de un murciélago y el brazo de un hombre difieren entre sí tanto en apariencia exterior como en las funciones a las que están destinadas. Pero los huesos de esas estructuras revelan una esencial similitud de trazado. El zoólogo concluye que la ballena, el murciélago y el hombre han evolucionado desde un antepasado común. Y aun suponiendo que no hubiera otra evidencia, la comparación de los esqueletos de estos seres bastaría para llegar a esa conclusión. La similitud de los esqueletos demuestra que una estructura básica puede persistir a través de períodos geológicos a pesar de una amplia diversificación de funciones.

Siguiendo el ejemplo de los zoólogos, que han utilizado ampliamente el método comparativo, los estudiosos de la conducta animal han comenzado ahora a plantearse una cuestión trascendental. Todos sabemos cuánto puede variar la conducta de los animales, especialmente bajo la influencia de los procesos de aprendizaje.

La mayoría de los psicólogos han observado y experimentado con la conducta de animales en tanto que individuos; pocos han considerado la conducta de las especies. Pero ¿no es posible que bajo todas las variaciones de la conducta individual subyazca una estructura interna de conducta heredada que caracterice a todos los miembros de una especie, de un género o de un grupo taxonómico más amplio lo mismo que el esqueleto de un antepasado primitivo caracteriza hoy la forma y estructura de todos los mamíferos?

Claro que es posible. Voy a poner un ejemplo que, aun pareciendo trivial, tiene mucho que decir al respecto.



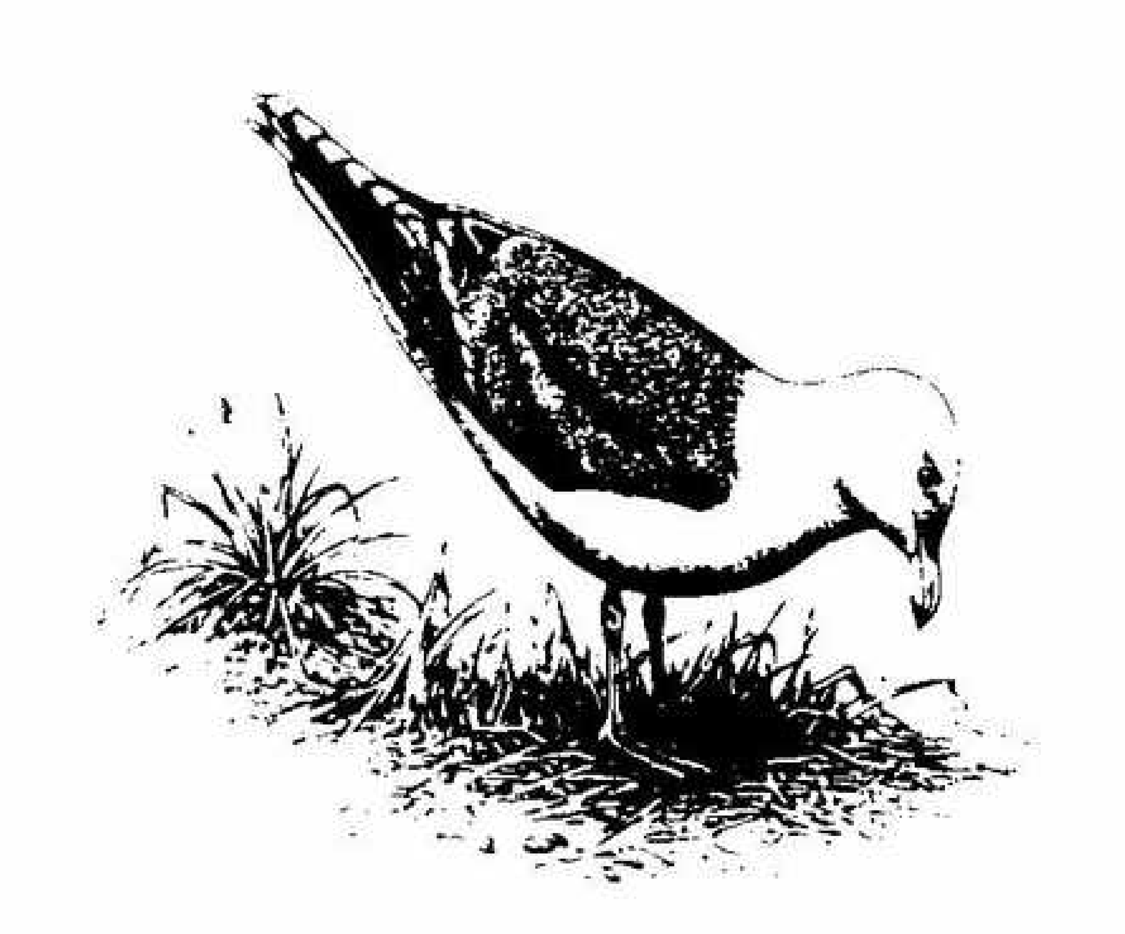
EL RASGO de conducta de rascarse de un perro y de un camachuelo común europeo forma parte de su herencia genética y no cambia con el adiestramiento. El extendido hábito de rascarse con la pata trasera cruzada sobre la delantera es común a la mayoría de los amniota (aves, reptiles y mamíferos).

Cualquiera que haya observado a un perro rascándose la mandíbula o a un pájaro limpiándose las plumas de la cabeza puede atestiguar que lo hacen de la misma manera. El perro se apoya en el trípode formado por sus ancas y sus dos patas delanteras y lanza su pata trasera hacia adelante, a la altura del hombro. ¡El hecho curioso es que la mayoría de los pájaros (así como virtualmente todos los mamíferos y reptiles) se rascan exactamente con el mismo movimiento! Un pájaro también se rasca con la pata trasera (esto es, con la garra) y al hacerlo baja el ala, alargando su pata hacia adelante a la altura del hombro. Uno podría pensar que sería más sencillo para el pájaro mover su pata directamente hacia la cabeza sin mover el ala, que puede permanecer plegada sin estorbar para nada el camino hacia la espalda. No veo cómo explicar esta torpe acción a menos que se admita que es innata. Antes de que el pájaro se rasque, debe reconstruir la vieja relación espacial de miembros del antepasado cuadrúpedo común que lo relaciona con los mamíferos.

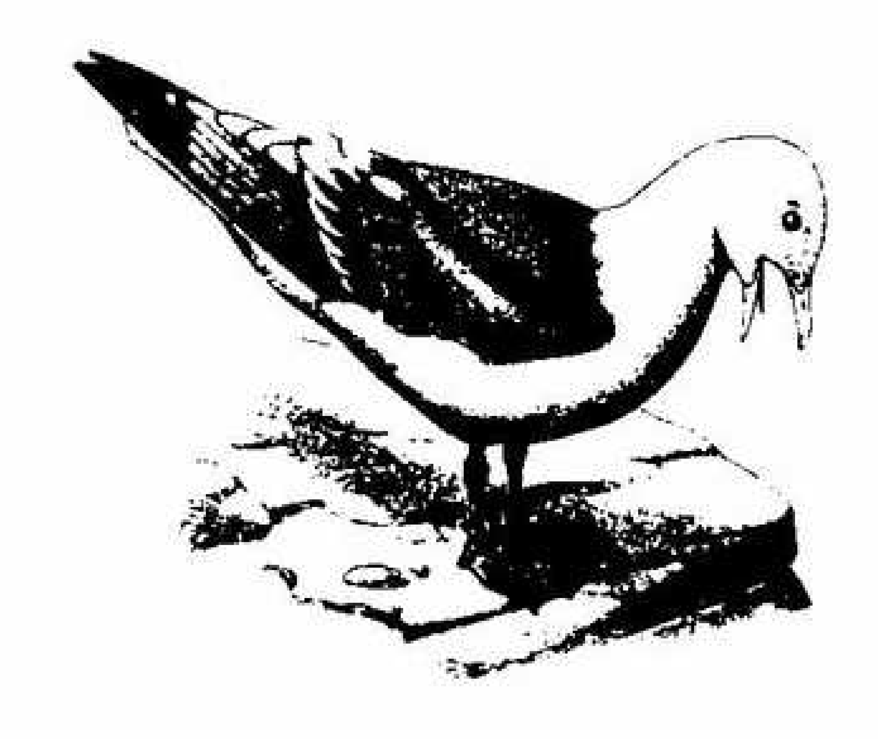
Retrospectivamente, parece extraño que los psicólogos hayan tardado tanto en investigar tales claves de la conducta hereditaria. Hace ahora cien años aproximadamente que T. H. Huxley, tras su primer encuentro con el concepto de Charles Darwin de selección natural, exclamó: «¡Estúpido de mí, no haber pensado en esto!» La evolución darwiniana encendió rápidamente la imaginación de los biólogos. Realmente, atravesó el mundo científico con la velocidad de las ideas largamente necesitadas. Pero, de algún modo, el nuevo planteamiento se detuvo muy cerca de los límites de la psicología. Los psicólogos no se sintieron atraídos por el método comparativo de Darwin ni por su interpretación de las especies como protagonistas del proceso evolutivo.

Quizá a causa de su origen a partir de la filosofía, los psicólogos estaban demasiado ocupados en discusiones puramente doctrinales. Por razones totalmente opuestas, conductistas y finalistas estaban convencidos de que la conducta era demasiado variable como para reducirla a un conjunto de rasgos característicos de una especie.

La escuela psicológica finalista abogaba por la existencia de los instintos; los conductistas argumentaban en su contra. Los finalistas creían que los instintos establecían los objetivos de la conducta animal, pero dejaban al animal individual una ilimitada variedad de medios para alcanzar estos objetivos. Los conductistas mantenían que la capacidad para aprender dotaba al individuo de una ilimitada plasticidad de conducta. La polémica ins-







LA CONDUCTA postural de las gaviotas muestra cómo los rasgos de conducta inherentes a todas las gaviotas se han adaptado a las necesidades de una especie aberrante. Arriba una gaviota típica, la gaviota argéntea, que cría en la playa, muestra la postura «choking» que anuncia su lugar de anidamiento. En medio, la gaviota argéntea está en las posturas «oblicua» y «larga llamada», utilizadas para defender su territorio. Abajo, está la aberrante gaviota tridactila, que, a diferencia de las otras gaviotas, anida en estrechas entalladuras y no tiene otro territorio que el lugar de anidamiento. La gaviota tridactila no utiliza la postura «oblicua» o «larga llamada», sino que emplea la posición «choking» tanto para la proclamación de un nido como para la defensa.

tinto-aprendizaje impidió a ambas escuelas percibir unos modelos heredados y permanentes en la conducta, y les llevó a preocuparse por las influencias externas sobre la conducta.

Si ha habido algún psicólogo que se mantuviera aparte de la estéril disputa de las escuelas, fue Jacob von Uexküll. Investigó incansablemente las causas de la conducta animal, considerando también las estructuras. Pero también se dejó coger por una trampa filosófica. Uexküll era un vitalista, y acusó al darwinismo de materialismo grosero. Creía que las regularidades que observaba en el comportamiento de las especies eran manifestaciones del «plan fundamental» inmutable de la naturaleza, una noción emparentada con la «idea» mística de Platón.

La filogenia de la conducta

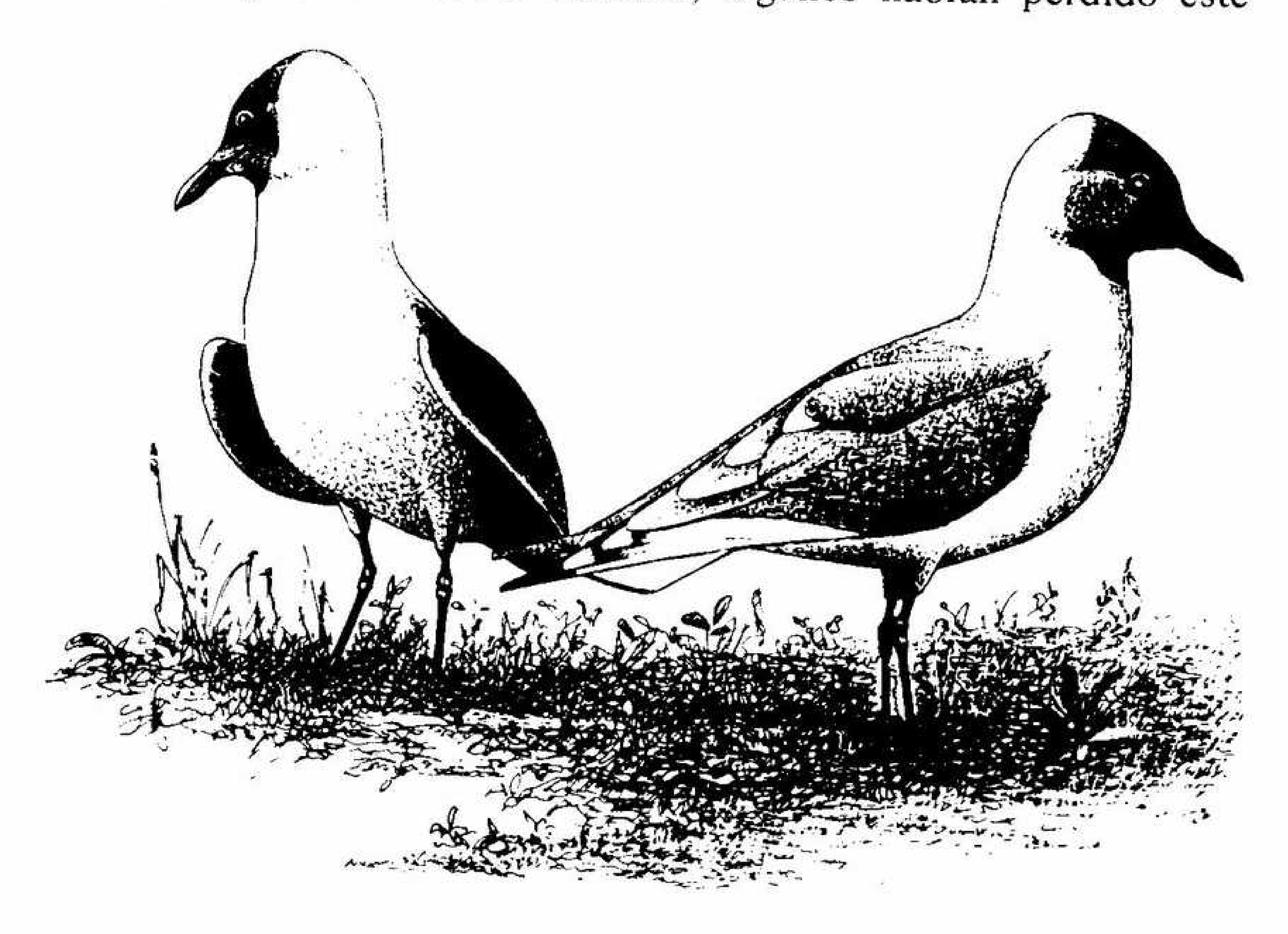
Pero incluso mientras los psicólogos discutían, el pensamiento evolucionista fue penetrando en el dominio de los estudios de la conducta por dos puertas traseras. En Woods Hole, Massachussets, Charles Otis Whitman, fundador del Marine Biological Laboratory, está elaborando el árbol genealógico de las palomas, que había alimentado por *hobby* desde la niñez. Al mismo tiempo, aunque Withman lo ignoraba, Askar Heinroth, del «Berlín Aquarium», estaba estudiando la filogenia de las aves acuáticas. Heinroth también era un avicultor *amateur* que había empleado gran cantidad de tiempo en observar a sus patos. ¡Qué nombre más ridículo e inexacto el de *amateur*! ¡Qué injusto es que un término que signifique «amante» de una cosa pueda llegar a significar chapucero, superficial! Como resultado de sus «chapuzas», Withman y Heinroth consiguieron un conocimiento incomparablemente pormenorizado de la conducta de la paloma y del pato.

Como filogenetistas, Withman y Heinroth pretendieron establecer con detalle las relaciones entre familias y especies de aves. Para definir a un grupo dado, debían encontrar sus rasgos «homólogos»: afinidades entre especies que demostraban un origen común. El éxito o fracaso de su trabajo detectivesco dependía del número de rasgos homólogos que pudieran encontrar. En cuanto a criadores de aves experimentados, Withman y Heinroth llegaron a conocer la conducta de los pájaros tan bien como su morfología, y cada uno por separado alcanzó un importante descubrimiento: la conducta, lo mismo que la forma y estructura del cuerpo, presenta rasgos homólogos. Como había dicho Withman

hacia sesenta años: «Tanto los órganos como los instintos se deben estudiar desde el punto de vista de su origen filético.»

Algunas veces, esos rasgos de conducta son comunes para grupos más amplios que los de patos y palomas.

El hábito de rascarse, que ya he mencionado, es un ejemplo de un modelo de conducta que es compartido por un grupo taxonómico muy amplio, en este caso, los Amniota: reptiles, pájaros y mamíferos (todos aquellos cuyos embriones se desarrollan en el interior de la fina membrana de la bolsa amniótica). Este patrón motor tan extendido fue descubierto por Heinroth, que lo describió en un breve ensayo en 1930. Es notable que Heinroth observase la extrema resistencia al cambio por aprendizaje de tales hábitos innatos. Se dio cuenta de que, mientras la mayoría de las especies de pájaros mantienen su incongruente técnica de rascarse por encima del hombro, algunos habían perdido este

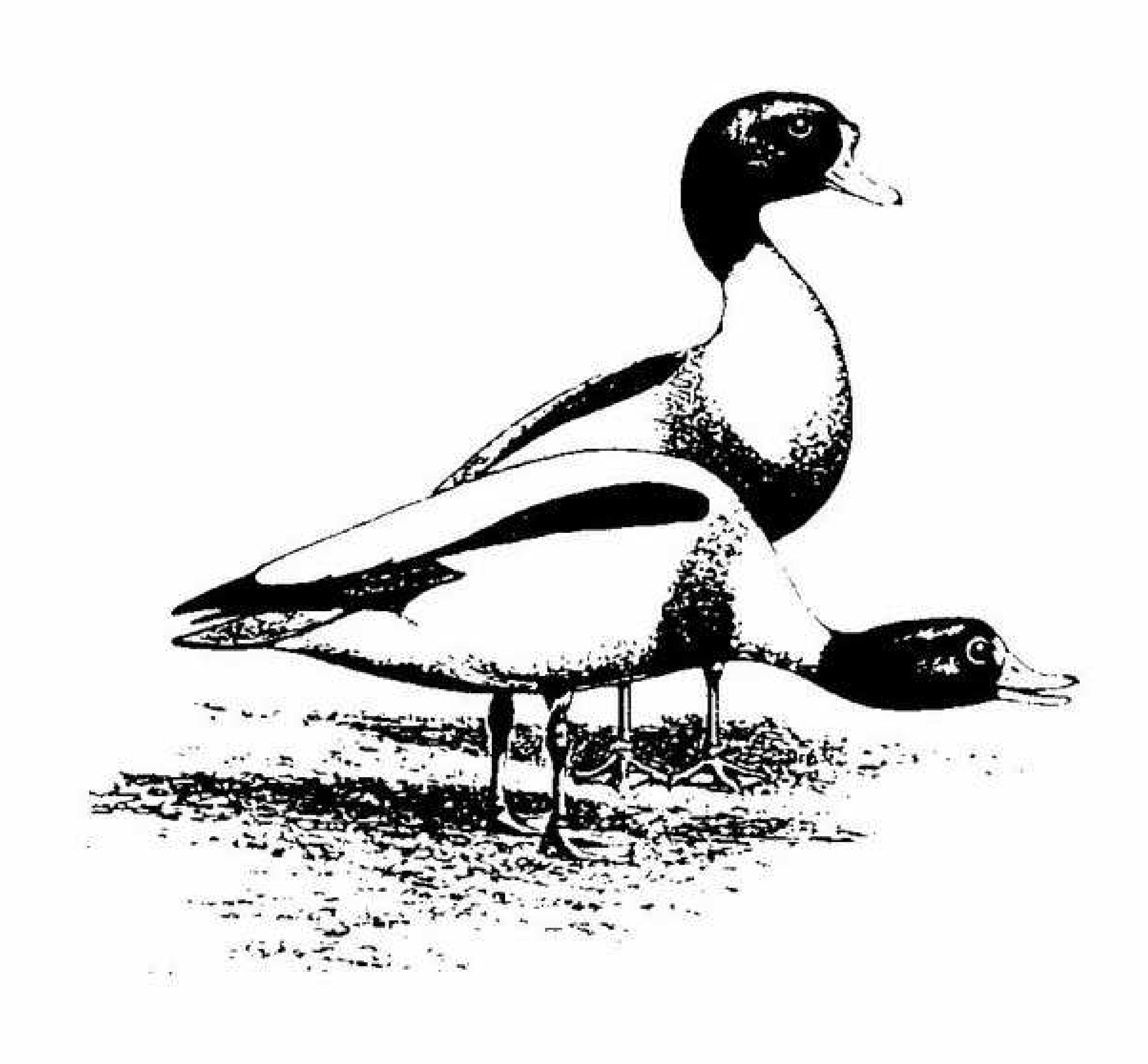


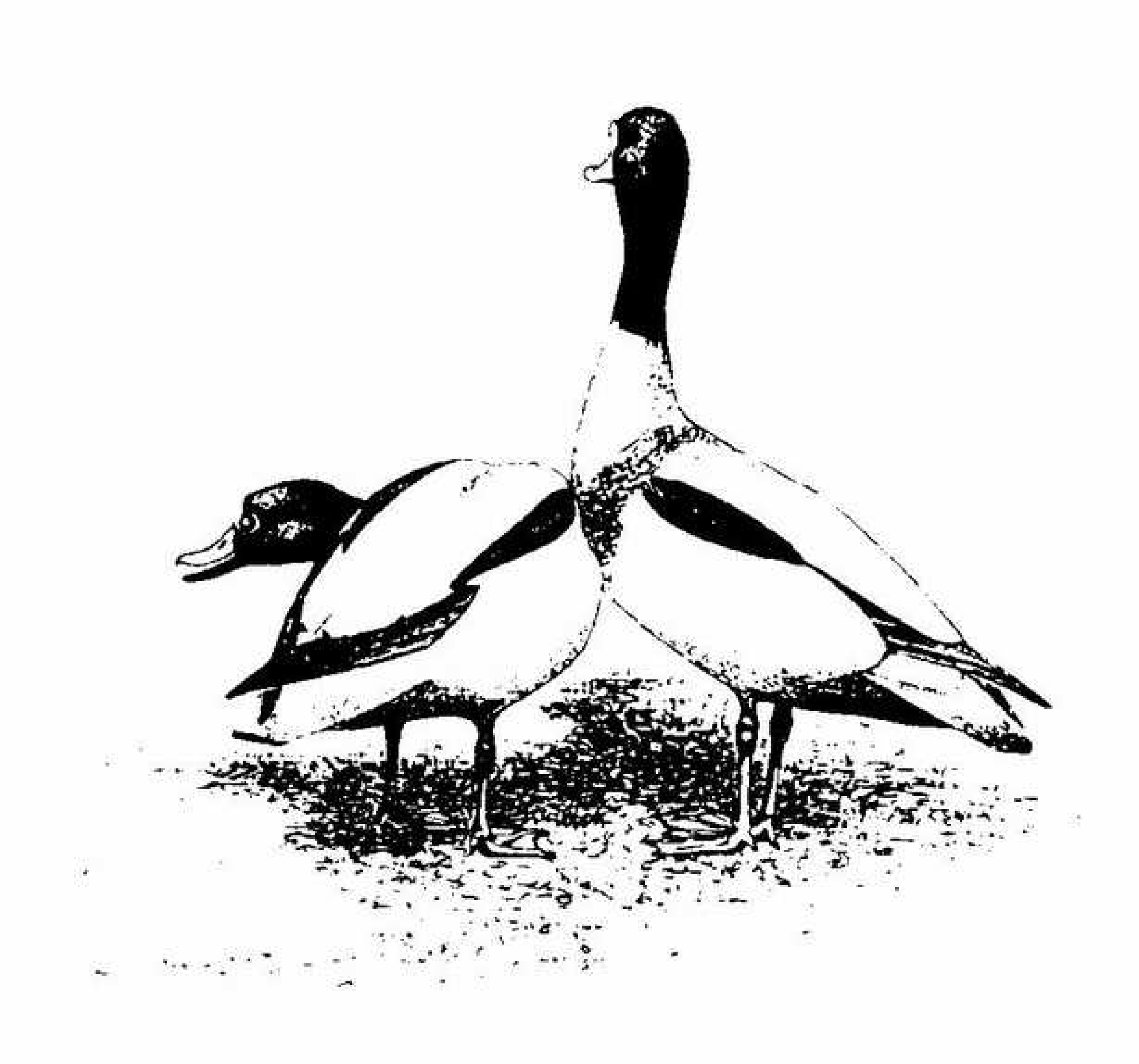
EL «DESVIAR LA CABEZA» es otra forma de *display* con el que la gaviota tridactila ha adaptado su dotación de conducta para afrontar necesidades infrecuentes. La mayoría de las gaviotas, como este par de gaviotas de cabeza negra, utilizan esta postura en el cortejo (apartando su amenazante coloración facial y de pico, el pájaro «apacigua» el instinto agresivo de su compañero). La gaviota tridactila es la única que muestra esta postura no sólo en adultos, sino en los polluelos del nido, que la utilizan para «apaciguar» a los invasores.

rasgo de conducta. Entre ellos se encuentran loros más grandes, que se alimentan con sus garras y usan el mismo movimiento —por debajo del ala— para rascarse. Los periquitos, sin embargo, se rascan en el estilo no evolucionado, rodeando el ala bajada, y no cogen el alimento con las garras. Hay muy pocas excepciones a esta regla. El periquito australiano de cola ancha ha aprendido a comer con la garra. Cuando come, levanta la garra directamente a su pico. Pero cuando se rasca, todavía rodea con la pata su ala bajada; esta particularidad es una evidencia por sí misma de la persistencia obstinada del antiguo hábito de rascarse. Hasta ahora nadie ha sido capaz de que un periquito aprenda a rascarse sin bajar el ala, como tampoco de que un loro se rasque rodeando el ala bajada.

Hoy día, una escuela creciente de investigadores que está trabajando en el camino abierto por Withman y Heinroth, se han impuesto a sí mismos la tarea de descubrir pautas heredadas de conducta y referirlas de una especie a otra. Muchas de esas pautas han probado ser claves válidas y fiables para la interpretación del origen y parentesco de grandes grupos de animales. Ya no hay ninguna duda de que los animales en general heredan ciertos rasgos de conducta primarios. En los animales superiores tales rasgos tienden a ser enmascarados por la conducta aprendida, pero en seres como peces y aves se revelan con gran claridad. Estos patrones de conducta deben estar enraizados de alguna manera en la carga fisiológica hereditaria común a las especies que los exhiben. Cualquiera que sea su causa fisiológica, forman indudablemente una unidad natural de herencia. La mayoría de ellos se transforman sólo de una manera muy lenta en el transcurso de la evolución de las especies y se resisten obstinadamente al aprendizaje individual; tienen una espontaneidad peculiar y una considerable independencia de los estímulos sensoriales inmediatos. A causa de su estabilidad constituyen, junto con las estructuras esqueléticas de los animales, que evolucionan de modo más lento, un objeto ideal para los estudios comparativos que aspiran a aclarar la historia de las especies.

Me doy perfecta cuenta de que los biólogos de hoy (especialmente los jóvenes) tienden a pensar en el método comparativo como algo poco interesante y pasado de moda o, en el mejor de los casos, como una rama de la investigación que ya ha dado todo lo que tenía que dar y en la cual, lo mismo que en una mina de oro ya agotada, no vale la pena seguir trabajando. Creo que esto no es cierto, y, por tanto, me detendré a decir unas pocas





LA «PROVOCACIÓN» es un movimiento amenazador usado por la hembra para incitar a su compañero a que ataque a los invasores de su territorio. Arriba, una hembra del tarro blanco *(Tadorna tadorna)* (con la cabeza bajada) incita a su compañero contra un enemigo que ve justamente enfrente de ella. La hembra de la parte inferior (con la cabeza vuelta) ha visto un enemigo a un lado. Cada hembra mira al enemigo independientemente de la orientación de su cuerpo.

a

b

LA PROVOCACIÓN «RITUALIZADA» aparece en los ánades. En esta especie, el volver la cabeza como lo hace la hembra del tarro blanco cuando incida contra un enemigo que viene por un lado, se ha convertido en una pauta motora innata. En la situación «a», la hembra ánade vuelve su cabeza hacia el enemigo. En «b», con el enemigo enfrente, sigue volviendo la cabeza, aun cuando esto resulte en retirar la cabeza del enemigo.

palabras en defensa de la morfología comparativa como tal. Cada vez que un biólogo quiere saber *por qué* un organismo es lo que es y actúa como actúa, debe acudir al método comparativo: ¿Por qué tiene el oído su conformación peculiar? ¿Por qué está colocado detrás de la mandíbula? Para saber la respuesta el investigador debe comparar el esquema de los mamíferos con el de otros vertebrados. Entonces descubrirá que el oído fue una vez una hendidura branquial.

Cuando los primeros vertebrados de cuatro patas capaces de respirar aire salieron del mar, perdieron todas sus hendiduras branquiales excepto un par, convenientemente próximo al laberinto del oído interno. El canal de agua que comunicaba con ellas se llenó de aire y se adaptó a conducir ondas sonoras. De este modo nació el oído.

Este tipo de razonamiento tiene ya cien años de antigüedad en zoología, pero en el estudio de la conducta es ahora cuando está empezando a cobrar importancia. Los primeros estudios que llevan a una verdadera morfología de la conducta se han centrado ampliamente en esas pautas motoras innatas que tienen la función de la expresión o comunicación dentro de una especie.

Es fácil ver por qué ha sido así. Tanto en el caso de que el modo de comunicación sea oral, como en el canto de las aves, como en el que sea visual, como en los movimientos de *display* del cortejo, muchas de estas pautas motoras han evolucionado bajo la presión de la selección natural para servir como estímulos perfectamente definidos que influencian el comportamiento social de los miembros de una especie. Las pautas son normalmente conspicuas y desprovistas de ambigüedad. Estas cualidades, tan esenciales para la función natural que desempeñan las pautas de conducta, también atraen la atención del observador humano.

Gaviotas y golondrinas de mar

Durante algunos años, N. Tinbergen, de la Universidad de Oxford, ha estudiado intensamente la conducta innata de gaviotas y golondrinas de mar: la familia *Laridae.* Ha organizado un grupo internacional con estudiantes y colaboradores para llevar adelante un estudio, a escala mundial, de los rasgos de conducta de gaviotas y golondrinas de mar. Se ocupan de observar la conducta de sus sujetos en el contexto más amplio de la historia de

sus diferentes modos de vida y en relación con sus diferentes entornos. Es reconfortante que este ambicioso proyecto haya comenzado a obtener el exito que el entusiasmo de sus participantes tan ampliamente merece.

Esther Cullen, una de las estudiantes de Tinbergen, ha estado estudiando una gaviota marina aberrante: la gaviota tridactila. La mayoría de las gaviotas son costeras y anidan en tierra, pudiéndose afirmar que éste era el modo de vida originario de la familia de las gaviotas. La gaviota tridactila *(Rissa tradactyla),* sin embargo, es diferente. Vive en el mar abierto, excepto cuando está criando; su territorio de anidación no es una playa llana, sino los acantilados más escarpados, donde anida en pequeños salientes.

Ms. Cullen ha hecho una lista de treinta y tres puntos, conductales y anatómicos, en los que la gaviota tridactila difiere de sus especies hermanas como resultado de su atípico estilo de vida. Lo mismo que la aleta de una ballena es una reconocible pata de mamífero, así muchos de los hábitos de la gaviota tridactila son reconocibles como de gaviota. Pero la gaviota tridactila, como la ballena, es una especialista; ha dado giros propios a muchas de las pautas de conducta que son herencia de los *Laridae.*

Por ejemplo, el macho de la mayoría de las especies de gaviota señala su derecho al territorio de anidamiento usando la «larga llamada» y mostrando la postura «oblicua», con la cola hacia arriba, y la cabeza hacia abajo. Para anunciar su lugar de anide, realiza el movimiento denominado «choking». En la gaviota tridactila las pautas de conducta heredadas se han modificado según el hábitat. En la pequeña plataforma de la gaviota tridactila, territorio y lugar de anidamiento son la misma cosa. Por tanto, ha perdido la postura oblicua y la larga llamada, y emplea como *display* exclusivamente el «choking».

Otro ejemplo es la postura de la gaviota tridactila que Tinbergen denomina «desviar la cabeza». En otras especies de gaviotas, un ejemplar joven que todavía no es capaz de volar, correrá a cubrirse cuando se vea amenazado por un pájaro adulto. Pero su posición en el acantilado no proporciona ninguna cubierta a la joven gaviota tridactila. Cuando se ve amenazada desvía su cabeza en señal de apaciguamiento. Tal sumisión no se da en el joven de otras gaviotas, si bien aparece en la conducta de muchos adultos como postura de apaciguamiento en una lucha y en el rito del apareamiento. Esta especie de gaviota se ha enfrentado de este modo a una demanda impuesta por el medio

ambiente acelerando, en sus jóvenes, el desarrollo de un hábito motor típico de gaviotas adultas.

Recientemente, Wolfgang Wickler, uno de mis compañeros del *Max Planck Institute for Comparative Ethology*, ha encontrado un caso similar de adaptación por aceleración entre los peces cíclidos fluviales. La mayoría de los cíclidos cavan en el fondo del río únicamente en época de freza, cuando excavan sus nidos. Pero hay una especie anómala, *Steatavanus*, habitante de los rápidos del río Congo, que vive desde su infancia en madrigueras del fondo del río. En este cíclido la maduración del impulso de excavación del pez que se va a aparear se acelera, apareciendo en los miembros jóvenes. No es difícil concebir cómo las presiones selectivas pudieran haber conducido a este resultado.

El trabajo de la escuela de Tinbergen ha tenido el importante resultado de poner en su lugar los hábitos motores innatos. Él y sus colaboradores han mostrado que esos rasgos son de una gran resistencia al cambio evolutivo y que a menudo mantienen su forma original, incluso cuando su función ha cambiado considerablemente.

Estos hallazgos justifican ampliamente la expresión metafórica que describe las pautas innatas como «el esqueleto de la conducta». Se necesitan con urgencia más investigaciones del tipo de las realizadas por Tinbergen. Su enfoque sintético, aunando el estudio de la naturaleza física y del medio ambiente de los animales con el estudio de su comportamiento, posee un valor inmenso. Cualquier proyecto de tal tipo supone, por supuesto, un método trabajoso. Requiere un trabajo de campo concertado realizado por investigadores que trabajen en puntos muy alejados del globo.

Conducta en el laboratorio

Afortunadamente, es bastante factible aislar las pautas motoras innatas para su examen en laboratorio. Gracias a su estabilidad, no se ven enmascarados en la conducta del animal en cautividad. Sólo si tenemos en cuenta la existencia de otros muchos mecanismos fisiológicos que afectan a la conducta, incluido el de aprendizaje, es legítimo que abordemos esos rasgos de conducta innatos. La parte menos variable de un sistema es siempre la más adecuada para ser examinada primero; en la compleja inte-

racción de todas las partes, debe aparecer con más frecuencia como causa y con menos frecuencia como efecto.

Los estudios comparativos de las pautas motoras innatas representan una parte importante del programa de investigación en el *Max Planck Institute for Comparative Ethology*. Nuestros objetos de estudio son las diferentes especies de pato que se alimentan en la superficie. Observando pequeñas variaciones en los rasgos del comportamiento entre las especies, por un lado, y sus híbridos por el otro, esperamos establecer una filogenia de la conducta.

Nuestros estudios comparativos han desarrollado la suficiente información acerca de los rasgos de conducta de las especies existentes como para permitirnos observar la transmisión, supresión y combinación de estos rasgos en la descendencia híbrida. Normalmente es difícil encontrar especies que difieran sensiblemente en una característica particular y que todavía produzcan híbridos fértiles. Ello es particularmente cierto respecto a los rasgos de conducta, porque éstos tienen una fuerte tendencia a persistir. Las especies que difieren bastante en conducta, raramente tienen una descendencia en fertilidad ilimitada. Sin embargo, especies cercanamente emparentadas que difieren marcadamente en sus pautas de cortejo sexuales, son a menudo capaces de producir híbridos fértiles. Esas pautas motoras sirven no solamente para realizar el apareamiento dentro de una especie, sino para impedir este apareamiento entre especies estrechamente relacionadas. La fuerza de la selección interviene para hacer que esas pautas difieran lo más posible en el mínimo tiempo. Como resultado, la especie diferirá marcadamente en la conducta de cortejo sexual, reteniendo todavía la capacidad para generar híbridos. Éste ha resultado ser el caso de los patos mencionados.

Lo primero que queríamos saber era cómo se fijan las pautas de cortejo de los patos. Es de reconocer el mérito de Sir Julian Huxley, que en una fecha tan lejana como 1940 había observado este proceso, al que llamó «ritualización». Vemos esto claramente en el llamado movimiento de «provocación» de la hembra de los patos nadadores, buceadores, de percha y de los tarros blancos.

Para ver la «provocación», en su original forma sin ritualizar, vamos a observar a la hembra del tarro blanco común cuando ella y su macho encuentran otra pareja de tarros en las cercanías. Siendo mucho más excitable que su plácido compañero, la hembra ataca a la pareja «enemiga», esto es, adopta una actitud

amenazadora y corre hacia ellos a la carga. Ocurre, sin embargo, que su reacción de huida es tan fuerte como lo es la de agresión. Basta con que llegue a una cierta distancia del enemigo para que el estímulo de huida se apodere de ella e inmediatamente gira sobre sí misma y huye hacia la protección de su macho. Cuando ha recorrido una distancia que la hace sentirse segura, experimenta una renovación del impulso agresivo. Quizá para entonces ya se ha colocado detrás de su macho. En este caso se pavonea a su lado y, mientras los dos hacen cara al enemigo, hace gestos amenazadores hacia el mismo. Pero lo más probable es que no haya alcanzado todavía a su compañero cuando surge de nuevo el impulso agresivo. En este caso puede pararse en su camino. Con el cuerpo aún orientado hacia su macho, volverá la cabeza y amenazará al enemigo por encima del hombro. En esta postura se dice que está «provocando» una actitud agresiva en su compañero.

Ahora bien, la postura de provocación de la hembra del tarro blanco no constituye un rasgo conductal innato. Es el resultante plástico de la presión de dos variables independientes: su impulso de ataque y su impulso de huida. La orientación de su cabeza y cuerpo refleja la geometría de su posición respecto a su macho y al enemigo.

Por el contrario, la misma postura de provocación en el ánade real está claramente ritualizada. Al exhibir su pose, la hembra del ánade se guía por una pauta motora heredada. No puede evitar el echar la cabeza hacia atrás por encima del hombro; y lo hace aunque esto signifique que tiene que retirar el pico del enemigo. En el tarro blanco, esta postura es el resultado de dos impulsos conflictivos. En el ánade se ha convertido en una pauta motora fija.

Sin duda, esta pauta motora ha evolucionado muy recientemente. Es interesante observar que mientras la hembra ánade se ve obligada a mirar por encima del hombro en la postura de provocación, la vieja exigencia de mirar al enemigo está todavía ahí. Su cabeza se vuelve mucho más hacia atrás cuando el enemigo está detrás. Si se observa de cerca, se ve claro que sus ojos están fijos en el enemigo, sin importar en qué dirección está su cabeza. Ocasionalmente, una hembra, impulsada por la dificultad de mirar al enemigo desde su postura ritualizada, se dará la vuelta y le hará frente directamente. En este caso podría decirse que su pauta motora antigua y su pauta motora nueva han entrado en acción simultáneamente. Al igual que el tarro blanco, el ánade

debe haber hecho una vez frente al enemigo durante la provocación. Superpuesto a este instinto hay uno nuevo: mover su cabeza hacia atrás por encima de su hombro independientemente de la localización del enemigo.

La vieja respuesta de orientación sobrevive en parte. Normalmente se pone de manifiesto con bajos niveles de excitación. La hembra ánade puede estirar el cuello directamente hacia adelante, especialmente en el comienzo de una respuesta.

Sin embargo, según va aumentando su excitación, la nueva pauta motora le hace girar la cabeza. Éste es uno de los muchos ejemplos en que la creciente intensidad de un estímulo aumenta la fijación de la coordinación motora. Lo que ha sucedido es que dos movimientos independientes se han unido para formar una nueva pauta motora. Es posible que todas las nuevas pautas motoras se hayan formado por ese proceso de soldadura. A veces, dos patrones permanecen rígidamente soldados. A veces se unen solamente bajo una gran excitación.

Recientemente hemos estado estudiando complejos conductales en los que están unidas más de dos pautas. En su conducta de cortejo, nuestros patos nadadores muestran unas veinte pautas motoras innatas elementales. Hemos hecho un estudio especial de tres especies que tienen diez pautas motoras en común, pero las exhiben unidas en diferentes combinaciones. Esas pautas son: 1) sacudida inicial del pico, 2) tableteo de cabeza, 3) sacudida de cola, 4) silbido o gruñido, 5) cabeza arriba-cola arriba, 6) vuelta hacia la hembra, 7) cabeceo natatorio, 8) volver la parte de atrás de la cabeza, 9) cabeza erguida hacia atrás, 10) movimiento en picado. En algunas especies, ciertas pautas se dan independientemente (por ejemplo, 1 y 10 en al ánade). Algunas combinaciones simples tienen una amplia distribución también en otras especies (ejemplo, 4,3 y 5,6 en todas las especies). Muchas combinaciones son más complicadas, como se puede ver en las ilustraciones.

¿Qué pasa cuando se cruzan esos patos? A través de cruzamientos premeditados, hemos producido nuevas combinaciones de pautas motoras, a menudo combinando rasgos de ambos progenitores, a veces suprimiendo los rasgos de uno u otro y a veces exhibiendo rasgos no aparentes en ninguno de ellos. Incluso hemos reproducido alguna de las combinaciones de pautas de conducta que se dan en especies naturales distintas de las de los padres del híbrido.

El estudio de nuestra primera generación de híbridos indica

que muchas de las diferencias en las pautas de cortejo entre nuestras especies de patos pueden ser debidas también a pérdidas secundarias, esto es, a supresión de un rasgo heredado. Cruces entre la cerceta de *Chiloe* y el ánade de cola larga de las Bahamas realizan regularmente el «cabeza arriba-cola arriba», aunque ninguno de sus padres es capaz de hacerlo. La única conclusión posible es que una especie progenitora está en posesión latente de este rasgo de conducta y que su expresión en una especie dada se ve suprimida por algún factor inhibidor. Hasta ahora nuestra única segunda generación de híbridos son cruces entre el ánade de cola larga de Chiloe y el ánade de cola larga de las Bahamas. El resultado parece prometedor: los patos de esta generación difieren mucho unos de otros y muestran combinaciones, hasta ahora, insólitas de pautas de cortejo. Uno de ellos ha unido incluso el movimiento en picado con el sonido de silbido.

Hemos mostrado que las diferencias en pautas motoras innatas que distinguen a las especies entre sí pueden ser duplicadas por hibridación. Este hecho sugiere que las pautas motoras dependen de grupos relativamente simples de factores genéticos.

LA FORMACIÓN DE PAREJAS EN EL CUERVO

KONRAD LORENZ

El ajuste de determinadas pautas de comportamiento instintivo garantiza el encuentro de dos individuos para formar una pareja heterosexual. De un grupo a otro, e incluso entre dos especies diferentes, estas pautas pueden presentar formas muy distintas. Si echamos una ojeada a los distintos tipos de formación de pareja que se encuentran entre los vertebrados, nos hallaremos ante este notable estado de cosas: especies animales tan distantes entre sí como, por ejemplo, las aves y los peces óseos (Teleósteos), exhiben pautas de comportamiento muy similares, casi idénticas. Además, la formación de la pareja en muchas especies de aves puede presentar reminiscencias de la de grupos particulares de peces; mientras que otras especies de aves exhiben comportamientos estrechamente relacionados con los de otras especies de peces. La pertenencia de las especies de aves a uno de los dos grupos es en general independiente de las relaciones evolutivas. Por tanto, estos paralelismos sólo pueden ser el resultado de una convergencia. Es probable que tal convergencia ocurriese porque, para las aves y los peces que dependen exclusivamente de la vista, hay un número limitado de medios que permitan a los sexos reunirse para formar una pareja. Resulta difícil encontrar otra razón para explicar por qué encontramos una y otra vez el mismo tipo de comportamiento sexual en formas de vida tan alejadas entre sí en otros aspectos. Entre los diversos métodos de formación de la pareja en aves hay dos formas diferentes que, como ya se ha indicado, ocupan un lugar destacado en esta clase.

En la primera de estas dos formas diferentes de formación de la pareja, todos los miembros de su sexo muestran, en cualquier

circunstancia, pautas de comportamiento instintivo *diferentes* de los de los miembros del otro sexo. Además, no hay *relaciones de «rango»* entre los miembros de la pareja. En el segundo tipo de formación de la pareja, cada individuo dispone de *toda la gama de pautas de comportamiento instintivo características de ambos sexos:* solamente mediante procesos específicos que tienen lugar en la formación de la pareja se suprime uno u otro «conjunto» de pautas de comportamiento, de manera que cada individuo reaccionará de modo exclusivamente masculino o femenino. Además esta modalidad de formación de pareja supone que *el miembro que se comporta como femenino tiene un rango subordinado.* A. A. Allen se refiere a esto como «inferiorismo».

El primer tipo de formación de la pareja, en el que los miembros se enfrentan como iguales, se encuentra, entre los teleósteos, en algunos Crómidos que pueden observarse fácilmente en acuarios. Entre las aves, los martinetes pertenecen a este grupo, igual que los cormoranes y, muy probablemente, muchas otras especies cuyo comportamiento a este respecto es todavía desconocido. En todos estos animales *ambos sexos son de un tamaño aproximadamente igual y su colorido es también muy parecido.* Al menos, nunca hay un desarrollo exclusivo por parte de uno de los miembros de un «plumaje de exhibición». *El único mecanismo que lleva a los dos miembros a aparear* consiste en *pautas de comportamiento instintivas, sexualmente diferenciadas, que sirven como características sexuales.* El martinete macho, por ejemplo, elige o adquiere mediante la lucha un lugar para nidificar al comienzo de la época de cría. Todavía no hay señales de relación con ninguna hembra específica. Él defiende este lugar contra otros machos y, como el conjunto de pautas instintivas que llevan a la construcción del nido ya es activo, emite una llamada peculiar de atracción para llamar la atención de todas las hembras libres hacia sí y hacia sus actividades de nidificación. Cuando al fin alguna hembra acepta la invitación de este macho, se desarrolla un comportamiento de galanteo en el que las aves parecen comportarse de modo aproximadamene parecido. Esto, al contrario de lo que ocurría en los grupos de aves que se describirán más adelante, no conduce a la intimidación y sumisión de la hembra.[1]

1. La diferencia de rango en una pareja de martinetes, como fue descrito por Noble en 1938, está basada en una falsa interpretación del fenómeno observado en condiciones de cautividad, estando demasiados pájaros encerrados en pajareras pequeñas.

Al revés de los animales clasificados en primer lugar, que desde el principio respondían de diferente manera según su sexo, en el segundo grupo de especies cada individuo posee dos conjuntos de pautas de comportamiento, una masculina y otra femenina, mostrando la llamada ambivalencia. Solamente el propio proceso de formación de la pareja decide si un individuo se comportará de ahora en adelante como macho o como hembra. Hallamos este tipo de formación de pareja en algunos peces laberínticos y en la mayoría de las aves. En ambas clases de animales hay especies en las que ambos sexos son parecidos, junto a otras en las que el macho presenta un plumaje de exhibición distinto. Esta modalidad de formación de la pareja toma un curso especialmente interesante *en el caso de especies en las que los dos sexos son parecidos.* La cuestión de qué es exactamente lo que induce al apareamiento de los individuos de distinto sexo en tales especies no es fácil de contestar, ya que dos miembros del mismo sexo en cautividad pueden formar una pareja fácilmente. Tuve ocasión de estudiar adecuada e intensivamente cómo se evita la formación de una pareja heterosexual en condiciones naturales con mis grajillas y mis cuervos. Como logré obtener algunas buenas diapositivas[1] de la conducta de galanteo del cuervo, me gustaría describir con cierto detalle su formación de parejas como ejemplo de un ave en la que ambos sexos se parecen y responden al otro de manera ambivalente. Permítaseme, no obstante, preceder esta descripción de algunas observaciones teóricas sobre el tipo de formación de pareja de los peces laberínticos.

Por extraño que parezca,[2] en la gran mayoría de las aves *es*

1. Sobre las que Hermann Kacher basó los dibujos de línea aquí reproducidos. *(Nota del editor.)*

2. Por otra parte, la ambivalencia de comportamiento sexual concuerda bien con el resto de nuestros conocimientos sobre la determinación y la diferenciación del sexo. El hecho de que haya determinación del sexo tanto «fenotípica» como «genotípica», en otras palabras, que el medio externo por una parte y los factores hereditarios internos por otra (ej. la combinación x-cromosomas y substancias autosómicas en Drosophila) deciden la expresión del sexo, puede considerarse sólo como un caso especial de la ley general de la formación de los caracteres. El cambio puede operarse tanto externa como internamente (es decir, fenocopias). Pero, al menos en muchas especies, los autosomas probablemente proporcionan todo el espectro de variaciones de características desde la total masculinidad hasta la total feminidad en cada individuo. Esto puede deducirse no sólo a partir de los conocidos cambios de sexo subsiguientes a la castración o a la implantación de glándulas sexuales, y en menor grado tras la inyección de hormonas, sino también de la aparición de individuos de sexo intermedio que unen los dos extremos en una escala continua.

la elección real de un compañero sexual lo que decide si un individuo va a actuar como macho o como hembra. Esta elección, este «enamoramiento», que llamamos así por muchas más razones que una mera analogía, decide cuál de los dos conjuntos de pautas instintivas de comportamiento será puesta en movimiento. En especies en las que esto es así, podemos distinguir claramente entre los conjuntos de acciones instintivas masculinas y femeninas, ya que las dos nunca aparecen entremezcladas ni dando formas intermedias. El animal siempre responde a un compañero determinado de una manera exclusivamente masculina o femenina. Incluso cuando, a causa del cambio de compañero, el comportamiento sexual pueda cambiar repentinamente en el opuesto, nunca aparece una forma intermedia de comportamiento.

Incluso cuando el padre transmite a sus hijas hembras caracteres sexuales que él mismo no posee en absoluto, como el toro, por ejemplo, transmite el contenido graso de la leche a sus hijas, o el ciervo transmite la forma de las cuernas a sus hijos, uno sólo puede explicar esto como se ha sugerido más arriba. Finalmente, el desarrollo (ej., en mamíferos) de un sistema urogenital junto con los órganos sexuales externos, que son tan extraordinariamente diferentes en los machos y en las hembras, comienza con la misma disposición básica indiferenciada. El momento de decisión sobre si la dirección del desarrollo será masculina o femenina puede variar enormemente según las especies e incluso las razas. Hay especies de ranas cuyo sexo está ya fijado en el primer año de su vida. Otras todavía vacilan en el cuarto año.

Mientras que en el caso de cambio de sexo inducido por secreción en vertebrados, las características físicas en la mayoría de los casos van de la mano de las características de comportamiento, estos dos factores parecen estar claramente separados en el caso de los representantes normales de las especies de aves y peces que aparean según el modelo de los peces laberínticos.

Tal como Spenman salvó el aparentemente fundamental contraste entre mosaico y regulación de los huevos con el concepto de determinismo, y nos enseñó la diferencia entre tipos con incidencia precoz y tardía en la determinación, podría decirse aquí: en las aves que aparean a la manera de los crómidos, las características físicas y las características de comportamiento están determinadas precozmente y de un modo más o menos simultáneo. En los que se comportan como los peces laberínticos, la determinación del comportamiento sexual es, por el contrario, pospuesta hasta el período de madurez sexual, saliéndose así de los límites del desarrollo fisiológico y entrando en los de la experiencia sexual del individuo maduro. El concepto de determinismo, estrictamente hablando, no es aplicable más, ya que describe un proceso que ocurre solamente una vez. Se diría más bien, que el comportamiento puede no estar determinado en absoluto. Las posibilidades alternativas heredadas de modificación por elección se decidirán por uno de los dos caminos a través de un factor psicológico externo, el fenómeno de «enamoramiento». Esto puede ocurrir tantas veces como el individuo se «enamore». Al «enamorarse» de un compañero de «rango superior» se desarrolla todo el espectro del comportamiento femenino; al «enamorarse» de un compañero de «rango inferior» liberará todo el comportamiento sexual masculino. El comportamiento intersexual no existe, pero las alternativas pueden cambiarse cada vez que tiene lugar una nueva formación de pareja. Otto Koehler.

W. Craig fue el primero en probar este estado de cosas experimentalmente con las palomas. En todas las especies de palomas que previamente había investigado, todos los individuos que se mantuvieron aislados durante algún tiempo mostraron el comportamiento conocido como *display*[a] de cortejo «masculino». Pero cuando Craig presentó una de estas aves aisladas, que se habían conducido como machos, a otra de la misma especie, pero que mostraba una naturaleza más fuerte y apasionada, el *display* de cortejo de la primera ave desaparecía rápidamente, siendo reemplazado por el comportamiento que sólo puede describirse como invitación *femenina* al cortejo. En todo este proceso era irrelevante la naturaleza del sexo de cada una de las aves, y ni tan siquiera era necesario que tuvieran un contacto físico real. Todo lo que hacía falta para extinguir la exhibición de cortejo del ave más débil era colocar las jaulas cerca una de la otra.

No cabe duda de que esta incapacidad de seguir actuando como macho frente a un compañero más fuerte de la misma especie está basada en un tipo de intimidación. Igualmente, en estado natural puede observarse a menudo cómo un macho débil se rendirá a otro más fuerte, prefiriendo volar a combatir. No obstante, en condiciones naturales, en las que es posible elegir libremente al compañero sexual, resultará poco probable que las aves salvajes muestren ligazón sexual entre dos machos, que llevaría a la extinción del conjunto de pautas femeninas de comportamiento por parte del macho más débil. Heinroth definió muy adecuadamente esta pauta de comportamiento instintivo, que combina la función de amenaza a otros machos con la de cortejo de la hembra, como *Imponiergehaben* («comportamiento impresionante»). Cualquier macho reacciona frente al comportamiento

a. *Display* es un término utilizado frecuentemente en la literatura inglesa especializada, y hace mención al conjunto de pautas de comportamiento encaminadas a atraer a la hembra y hacer huir al macho. Es una traducción no muy precisa del término original de Heinroth *Imponiergehaben* (ver más adelante en el texto), que en castellano podría interpretarse como «conducta impresionante». De todas formas he preferido el término inglés, ya que es cada vez más frecuente encontrarlo en las publicaciones en nuestro idioma. (También aparecen otras interpretaciones como «despliegue», «parada», «exhibición», y el ya dicho «conducta impresionante».) *(Nota del Traductor.)*

impresionante de otro macho más fuerte mediante la huida: no es necesaria la lucha previa. Esta especial forma de intimidación se me aparece como la primera condición, en todas las aves con respuestas ambivalentes, para que el individuo pueda reaccionar como hembra. Los pájaros aislados de ambos sexos siempre responden como machos, como demostré con mis grajillas, incluso las hembras fuertes de un grupo actuarán así, mientras estén en la cúspide del ordenamiento social.

Grasl, el importador vienés de animales y criador de loros, observó una forma particular del mismo tipo de comportamiento en *Poephila acuticauda* (el pinzón de cola larga). En esta especie, ambos sexos son parecidos. Si colocaba un pájaro, que previamente se había mantenido aislado, con otro de la misma especie, procedían a galantear casi inmediatamente. Intentó utilizar esta respuesta para averiguar el sexo de las aves, pero pronto se dio cuenta de que era imposible. Cuando colocaba dos pájaros juntos en la jaula procedían a galantear casi inmediatamente, pero siempre de la siguiente manera: el pájaro que estaba ya antes en la jaula tomaba a su cargo la parte del macho, y el recién llegado la de la hembra. A consecuencia del cambio de entorno, el recién llegado estaría demasiado asustado como para ser motivado por una autorreivindicación, necesaria para la puesta en marcha del comportamiento impresionante. A consecuencia de esto respondería inmediatamente a su imponente *partner* con el comportamiento instintivo de «hembra», independientemente de que en realidad fuese macho o hembra.

Si todos los individuos salvajes de una especie responden de este modo inespecífico, al menos la mitad de las parejas formadas serían homosexuales. La cuestión es cómo se evita esto. En muchas especies, por ejemplo en los somormujos, algunos rascones, palomas y otros, no sabemos prácticamente nada al respecto. En multitud de aves que muestran idéntica coloración en ambos sexos, la longitud del cuerpo junto con el vigor general y la disposición para la actividad son mayores en el macho que en la hembra, lo que juega un importante papel en la correcta formación de la pareja. De acuerdo con A. A. Allen, el tamaño y la agresión es lo único que sirve como signos de diferenciación sexual en *Bonasa umbellus* (la ganga americana del bosque). Introdujo una hembra especialmente fuerte y vigorosa al macho más débil de que disponía, que había recibido golpes de todos sus compañeros, con el resultado de que el apareamiento se llevó a cabo, pero con los papeles invertidos. Las glándulas sexuales

de este macho intimidado que mostraba comportamiento femenino no experimentaron el incremento de tamaño que normalmente ocurre en la época de cría.

Las relaciones entre el comportamiento y el proceso de maduración de los órganos sexuales varían enormemente entre las especies ambivalentes de aves. En algunas parejas de hembras, el compañero que se comporta como hembra pone huevos, por ejemplo, en el caso de las palomas y del pato solbón de Chile *(Mareca sivilatrix)*. En los ánsares del Canadá la hembra dominante no pone huevos, éste parece ser también el caso de las gallinas domésticas que se comportan como machos. El bloqueo de los procesos de maduración de los testículos de los machos «inferioristas» de *Bonasa*, según observó Allen, no precisa ninguna conexión directa con el comportamiento; la constante persecución por machos superiores puede dañar físicamente a la víctima hasta el extremo de que los caracteres de cría no puedan aparecer. Por tanto, sólo la incapacidad de las hembras socialmente superiores para poner huevos puede considerarse consecuencia directa de la situación de los estímulos externos.

Hemos visto que en muchas especies la diferencia en el tamaño del cuerpo hace improbable que una hembra asuma el papel de compañero intimidador con comportamiento de macho. Hay también un amplio grupo de especies que posee los caracteres específicos morfológicos del «plumaje de exhibición» del macho. En algunos casos éste tiene un efecto exclusivo sobre las hembras, a las que atrae, como observó Darwin. Estas especies incluyen, de un lado, al combatiente, urogallo, pavo real, probablemente muchas aves del paraíso y otros; en estas especies, los machos no luchan seriamente entre sí, y en lugar de ello exhiben el llamado *display* social de cortejo, que llevan a cabo comunalmente en lugares específicos. Por otra parte, en la mayoría de estos espléndidamente ataviados pájaros, el visible plumaje no sólo atrae a la hembra que está «buscando» pareja, sino que también ejerce un efecto de intimidación por lo menos equivalente sobre *todos* los demás miembros de la especie. Esto también ocurre en los reptiles y en muchos peces. Lissman observó que las hembras del pez luchador *(Betta splendens)* no desafiaban a luchar a los machos, que eran mucho más pequeños y más débiles que ellas, ya que estaban intimidadas porque los machos extendían las aletas en un *display* de exhibición. En las aves, el extraordinariamente desarrollado plumaje vistoso de los machos es en muchos casos un símbolo demostrativo que actúa sobre la

hembra primero intimidándola e inhibiendo así su «conjunto de tendencias masculinas»: solamente como efecto secundario libera sus respuestas específicamente femeninas. Además, en estas especies, que presentan un fuerte dimorfismo sexual, cualquier hembra está destinada a ser inferior en su rango a cualquier macho. Sin embargo, estas hembras pueden mostrar la ambivalencia latente siempre presente en su equipo instintivo si se mantiene apartada de los machos. Entonces ponen en marcha todo el espectro de pautas comportamentales de los machos. Como sabe cualquier criador, cuando no hay ningún gallo en el corral, la gallina de rango más elevado empezará inevitablemente a comportarse como si fuera el gallo. De modo que hasta la gallina doméstica, a pesar de su gran diferencia en el plumaje, muestra básicamente la misma dualidad de equipo instintivo de las palomas, grajillas y otras especies ya descritas.

La efectividad del plumaje vistoso del macho se manifiesta esencialmente en el hecho de que es mucho más difícil para dos de estos machos el formar una pareja que para aquellos en que el macho y la hembra se parecen. Mientras que con palomas, grajillas, ánsares, cisnes y otras especies, en que los sexos se parecen, las parejas de machos se forman con la misma frecuencia y facilidad que las de hembras, y pueden juntarse experimentalmente con la misma facilidad: hemos observado que en faisanes, aves de corral, o patos con dimorfismo sexual, los machos no forman una pareja prácticamente nunca. En apariencia esto ocurre porque el plumaje vistoso permanentemente exhibido evita a los otros machos suponer que un macho es una hembra. El plumaje vistoso actúa, en estas circunstancias, como «ademán demostrativo fijo» e indudablemente está tan encastrado en la identidad del macho que éste hallará difícil la realización de la conducta femenina. En estas especies, la modesta apariencia de la hembra puede, ciertamente, desarrollar todo el comportamiento impresionante del macho, y exhibirlo ante otras hembras; pero el mucho más diferenciado macho no puede invertir la diferenciación de su exhibición de galanteo y asumir el papel de la hembra. Que yo sepa, solamente una vez ha habido un caso en el que un macho de una especie con fuerte dimorfismo sexual pudiera ser observado mostrando toda la gama de comportamiento «femenino», en contraste con las parejas formadas por hembras dentro de las mismas especies. Esta única excepción fue una pareja de *Lampronessa sponsa* (pato de los bosques de Carolina) formada por dos machos que mantenía Heinroth.

Si, después de todo esto, el plumaje vistoso de los machos de aves con dimorfismo sexual en la coloración juega un papel no más importante que el de las diferencias de tamaño y la algo mayor actividad de los machos de otras especies, entonces no podría evitar con seguridad la formación de parejas homosexuales, que es deletérea para la perpetuación de la especie. Como ya se ha mencionado, es la elección de compañero la que decide si uno u otro de los dos conjuntos latentes de respuestas instintivas se manifestará en un ave. En las especies sexualmente ambivalentes, la elección de un compañero parece ser el único proceso que directamente, y en apariencia por medios hormonales, está decidido por una u otra de las glándulas sexuales. Es posible experimentalmente inducir a un macho de tórtola, grajilla o cisne a «enamorarse» de otro macho. Pero si observamos en una bandada mayor la libre elección de compañeros sexuales, como yo he podido hacer a fondo con grajillas mansas en libertad, observaremos en seguida que, sin duda, los machos se «enamoran» solamente de hembras de rango inferior, y las hembras se «enamorarán» solamente de machos de rango superior. Con la gaviota argéntea *(Larus argentatus)* ocurre aparentemente lo mismo, aunque el peso corporal de los dos sexos es muy parecido y los machos son sólo como media, y de modo no menos invariable, más pesados que las hembras. Cuando Goethe los midió no halló ni un sólo par en el que el macho pesase menos que la hembra. Esta elección de un compañero más fuerte o más débil, condicionada hormonalmente, garantiza en la práctica la formación de parejas heterosexuales, siempre que las aves que ocupen el vértice superior del ordenamiento social sean machos y que las hembras ocupen las categorías más bajas.

Éste será el caso siempre que haya diferencias de tamaño determinadas sexualmente en estado natural. Muchas uniones homosexuales producidas en condiciones experimentales se han disuelto al introducir un compañero totalmente desarrollado de la misma especie, pero del otro sexo; con otros el lazo personal subsiste, como con la paloma doméstica y especialmente con algunos gansos. La introducción de un compañero sexual adecuado tiene a menudo un efecto realmente sorprendente. Craig considera justificadamente uno de los espectáculos más impresionantes de la naturaleza el ver a una tórtola, que es en todos los aspectos un macho apasionado y beligerante, girar en torno a una «gentil virgen» en el espacio de escasos minutos cuando un verdadero macho, un ave más fuerte, se une a ella. Yo he obser-

vado una transformación aún más súbita en el tarro canelo *(Casarca ferrugínea).* Mi amigo Antonius, del zoo de Viena (Schönbrunn), me prestó una pareja en la que el macho era una Casarca negra de Nueva Zelanda *(Casarca variegata),* mientras que la hembra pertenecía a la variedad rojiza del Este de Europa. He conocido a ambos pájaros durante años y, como el Profesor Antonius, no me cabe ninguna duda sobre su sexo. Sin embargo, tan pronto como las solté en mi estanque, el tarro rojizo mostró inmediatamente una fuerte atracción por una hembra sin emparejar de ganso del Nilo *(Alopochen aegyptica)* y después de unas pocas horas se desarrolló todo el canto de cortejo del tarro rojo, que nunca habíamos oído en todos los años de su estancia en Schönbrunn. El pájaro era realmente un macho, como pude observar sin ninguna duda con ocasión de posteriores emparejamientos, por la presencia de un pene, y por la ulterior producción de híbridos. Es razonable suponer que este tarro rojo había sido forzado a actuar como hembra porque todos sus compañeros del mismo género eran más fuertes, y por tanto, de mayor rango. Todos los otros tarros del zoo eran de la variedad de Nueva Zelanda, que es mucho más fuerte y también más beligerante que la del Este de Europa. Este tarro rojo tomó una actitud hostil hacia su anterior compañero homosexual desde el momento de la conversión de su comportamiento de hembra en macho.

Un cuervo hembra actúa de manera diferente en una situación similar. En la primavera de 1932 tenía dos cuervos de un año que llevaron a cabo un *display* de cortejo muy parecido al de animales de más edad a pesar de su inmadurez, de manera que los consideré una pareja a causa de esto. Tuve que mantener a estos dos pájaros encerrados para protegerlos de la salvaje persecución de que eran objeto por parte de mi pareja de cuervos domesticados libres, que eran un año mayores. Más tarde hubo perturbaciones en la vida amorosa de la antigua pareja, que se discutirán más adelante, y estas disputas acabaron por fin cuando la vieja hembra voló lejos para no volver nunca más. Cuando solté a los dos cuervos de un año, que habían formado una pareja, en el campo con el otro macho, observé con asombro que el pájaro que hasta entonces se había comportado como macho respondió inmediatamente como hembra al *display* de cortejo del macho más viejo, y poco después emparejó con él. Sin embargo, esta hembra, no cortó inmediatamente su relación amorosa con la hembra de un año, sino que durante algún tiempo siguió jugando el papel de macho con ella. El extrañamiento entre ellos sólo

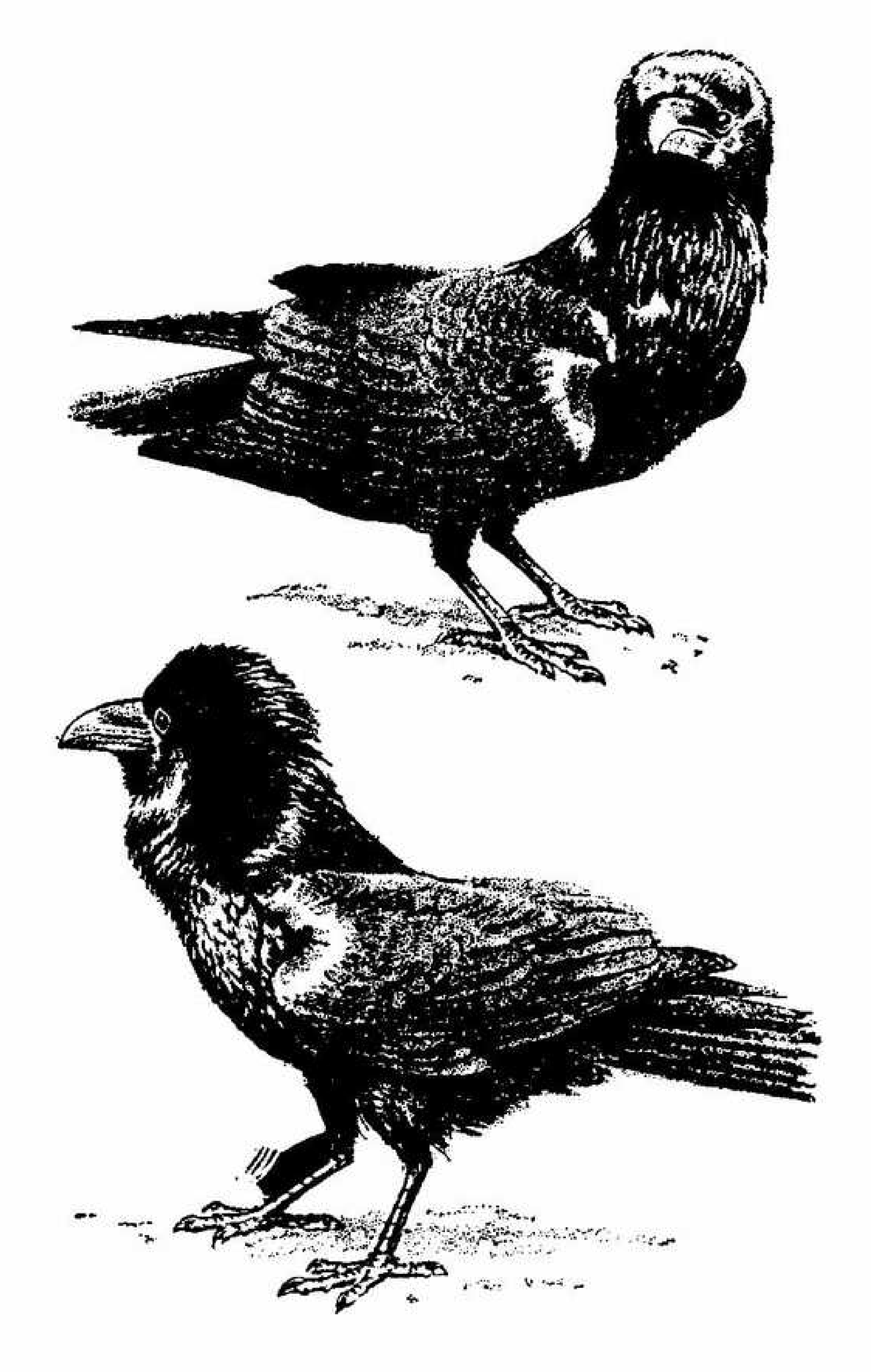
ocurrió gradualmente. Aunque nunca se dan pautas intermedias de comportamiento ni etapas de transición, de modo que las pautas de comportamiento masculinas o femeninas siempre se distinguen claramente, ambas formas de comportamiento pueden exhibirse una después de otra, e incluso se sabe que puede darse un comportamiento alternante entre las dos pautas dentro del mismo individuo. La vieja grajilla hembra ya mencionada, que había sido forzada en el papel de macho por ser la más fuerte de las aves de la colonia, se comportó más tarde como la hembra de cuervo de un año. Cuando un macho viejo muy fuerte volvió a la colonia después de una ausencia de dos años, la vieja hembra «se enamoró» inmediatamente y formó una pareja con él, pero sin interrumpir las relaciones con la hembra más vieja de rango inferior que había sido su anterior compañera.

Todas las especies de aves en las que cada individuo dispone de las pautas de comportamiento instintivo de ambos sexos forman parejas solamente después de que se ha establecido una relación de rango en la que los machos están por encima de las hembras. Pero hay un numeroso grupo de especies de aves que responden de este modo ambivalente en las que el orden de rango entre compañeros nunca es aparente, simplemente porque los individuos nunca se pelean entre ellos, nunca luchan y siempre parecen ser carne y uña. Fundamentalmente en estas especies, la ceremonia instintiva de la formación de la pareja refleja muy claramente la lucha original por la supremacía que tiene la función de reprimir las respuestas masculinas de la hembra por medio de la intimidación. La lucha real nunca tiene lugar, resultando suficiente el comportamiento demostrativo de intimidación del macho. Encontramos un ejemplo típico de esta lucha por el rango modificada como ceremonial en el «juego amoroso» de numerosos peces, especialmente en los peces laberínticos, y en una forma especializada notablemente alterada en el Cíclido *Hemichromis* y otros. Hasta donde sabemos, los peces laberínticos y muchos Cíclidos son, aparte de las aves, las únicas criaturas en las que todos los individuos poseen todo el rango de respuestas instintivas de ambos sexos. Un ejemplo sugerente lo da la formación de parejas en el cuervo, de la que nos ocuparemos a continuación. El preámbulo anterior era necesario en orden a poder comprender adecuadamente los siguientes hechos.

Los cuervos en proceso de maduración exhiben respuestas sexuales mucho antes de ser capaces de reproducción; adoptan posturas de cortejo, tratan de emparejarse con otros cuervos y

así sucesivamente. En particular, las aves que sólo tienen unos pocos meses de edad exhiben la invitación al emparejamiento, acurrucándose y haciendo vibrar las plumas parcialmente desarrolladas de las alas y la cola. Los pájaros domesticados utilizan esta pauta de comportamiento como una expresión de «devoción general» hacia su amo, de modo que, hace años, cuando yo no tenía experiencia de la duplicidad del comportamiento sexual de estos animales, siempre pensaba que todos mis cuervos jóvenes eran hembras. A partir de lo dicho más arriba, y recordando que el animal doméstico considera a su cuidador en su posición de poder como de rango superior, el comportamiento femenino de los jóvenes puede comprenderse fácilmente. Nunca un cuervo doméstico macho se ha atrevido a enfrentárseme con el *display* impresionante masculino. Pero si un cuervo macho se reúne por vez primera con otro de su misma especie que le excite sexualmente, asume el *display* impresionante que se muestra en las figuras 1 y 2, y camina hacia el extraño en esa postura. El extraño, por su parte, adopta la misma postura y avanza hacia el otro cuervo con pasos peculiares, contoneándose, que producen incluso en el observador humano la impresión de una tensión deliberada y exhibida. Entonces los dos giran alrededor o caminan a lo largo del otro durante algún tiempo, esperando «impresionarle». Entonces se emite una llamada peculiar, de tono bajo, angustiosa, ahogada, que Heinroth transcribe como «au» o «rau». Yo la tengo transcrita en mi diario como «chrrua». El sonido cuesta al pájaro un esfuerzo considerable, se inclina hacia adelante mientras lo emite, extiende las plumas de la cola y mantiene los codos de las alas alejados del cuerpo. Por otra parte, esta postura sólo se adopta cuando el ave está en el clímax de su llamada. Las plumas de la cabeza están estiradas hasta el límite. Durante esta ceremonia de «saludo» los pájaros se mueven muy cerca uno de otro y se empujan levemente mientras se acercan de costado. Durante esta actividad, que funcionalmente está claramente relacionada con la conducta impresionante y corresponde al «charging» de los machos de paloma, no queda claro de ninguna manera cuál de las aves adopta el papel de macho y cuál el de hembra. Es igualmente posible que ambos pájaros se comporten como machos y empiecen a luchar un momento después. En este caso aparece la postura del cuerpo y la disposición de las plumas que se observa en la figura 4. En un *display* demostrativo como el de las figuras 1 y 2, las plumas de la cabeza son bruscamente aplanadas, pero en este caso las plumas permanecen extremadamente erizadas en una zona estrecha y claramente circunscrita alrededor de cada ojo, de modo que parece que tiene dos cuernos u orejas de plumas, fenómeno que ya fue observado por Heinroth y que le da más espectacularidad a esta postura. Este *display* es equivalente a una declaración de guerra; un momento después, el pájaro de las «orejas» cojerá al otro con sus garras con la ferocidad de un ave de presa a su víctima.

Si la «ceremonia de saludo» no se ha convertido en lucha, uno de los dos pájaros tiene que rendirse, esto es, debe permitir ser empujado cada vez más hacia atrás. Entonces los dos caminan a pasos largos al lado del otro durante un largo rato, saludándole constantemente y emitiendo el grito «chrrua», estando uno de ellos siempre delante y el otro persistentemente detrás. Es éste que se retira el que excluye la realización de la ceremonia



FIGURAS 1 y 2. Cuervo macho en *display* demostrativo.

en los árboles, y parece ser la razón por la que casi siempre se coloca en el suelo.

Cuando esta actividad ha durado mucho tiempo —en las aves jóvenes se alarga durante días— el pájaro más agresivo va pasando gradualmente a otro modo de comportamiento. En vez del grito «chrrua», tras un peculiar movimiento de ahogo, el pájaro emite una llamada nasal comparativamente amortiguada y de tono alto, que puede transcribirse *grosso modo* como «chrujuju». Al mismo tiempo levanta la cabeza fuertemente erizada, que es ahora impulsada mucho más hacia adelante, un poco por encima del nivel horizontal. Simultáneamente extiende las alas, estirándolas hacia atrás, y corre la membrana nictitante sobre los ojos, que repentinamente parecen blancos (figs. 5, 6 y 7), especialmente si la excitación va en aumento. Parece raro que el ave tenga que cegarse a sí misma precisamente en el momento en que está preparándose para ser tan activa. Durante esta ceremonia, la hembra o, más exactamente, el ave que se comporta como hembra, se rinde en todo momento ante el compañero avanzado. La figura 7 muestra claramente a la hembra en retirada.

Este movimiento de ahogo, y todas las demás ceremonias del cuervo macho descritas aquí, son buenos ejemplos de lo que yo llamo «liberadores», es decir, pautas instintivas de comportamiento que no tienen más finalidad biológica que liberar una pauta instintiva correspondiente en el compañero de la misma especie. La ceremonia de ahogo en particular es una bonita demostración de cómo un ave que no tiene unas características físicas especialmente estimulantes, tales como plumas coloreadas ni partes del

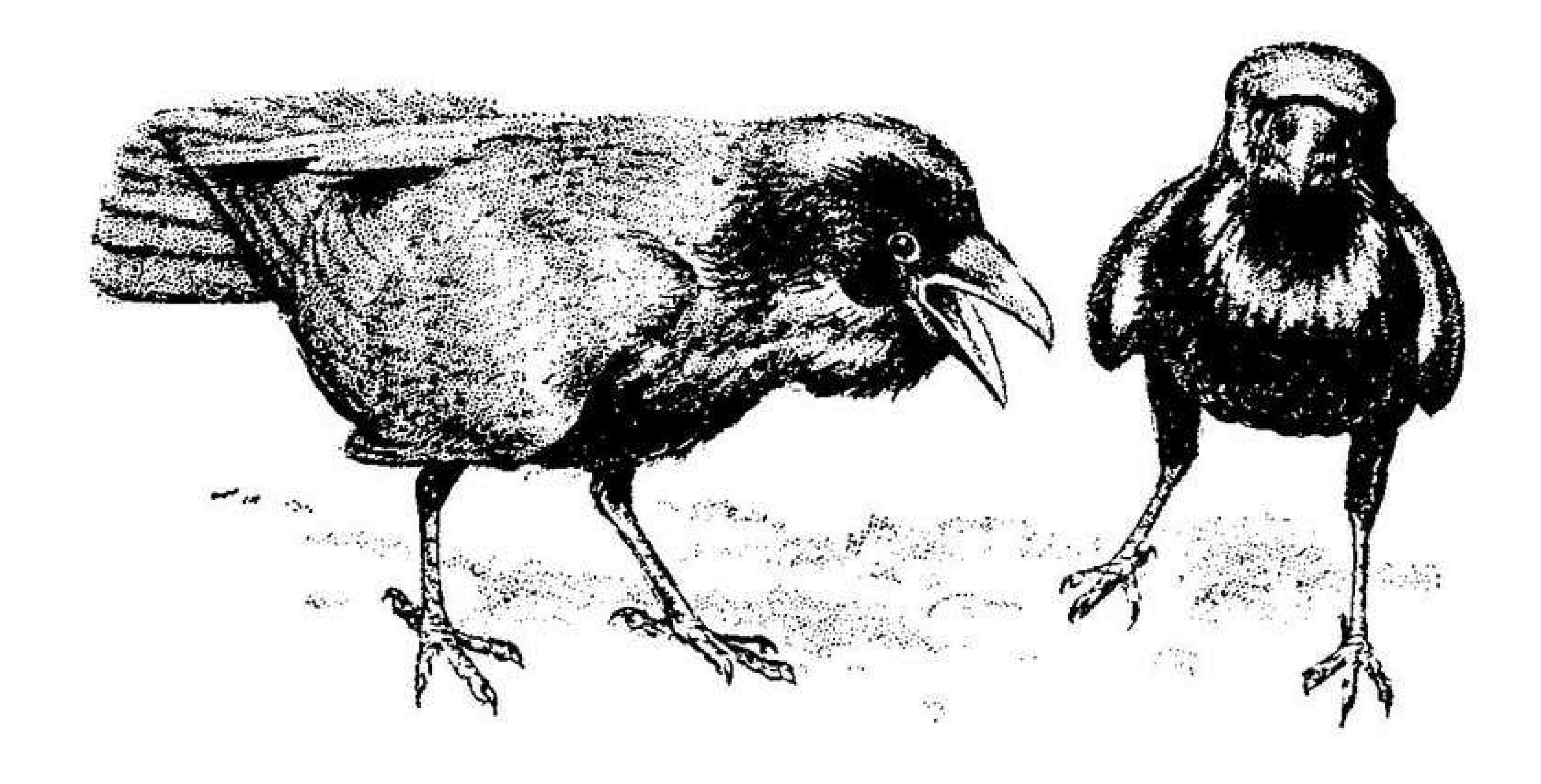


FIGURA 3. Ceremonia de saludo en los cuervos.

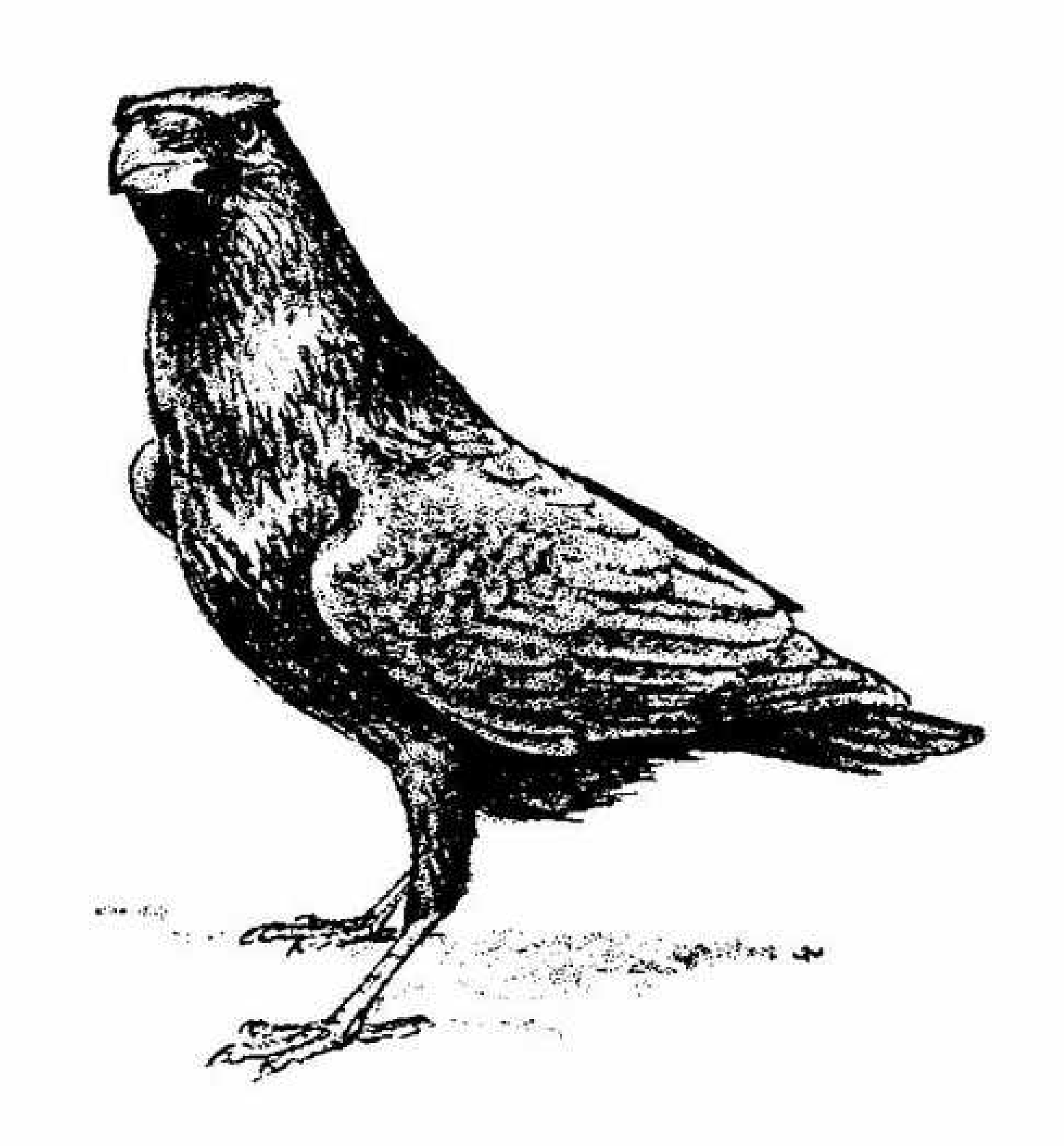
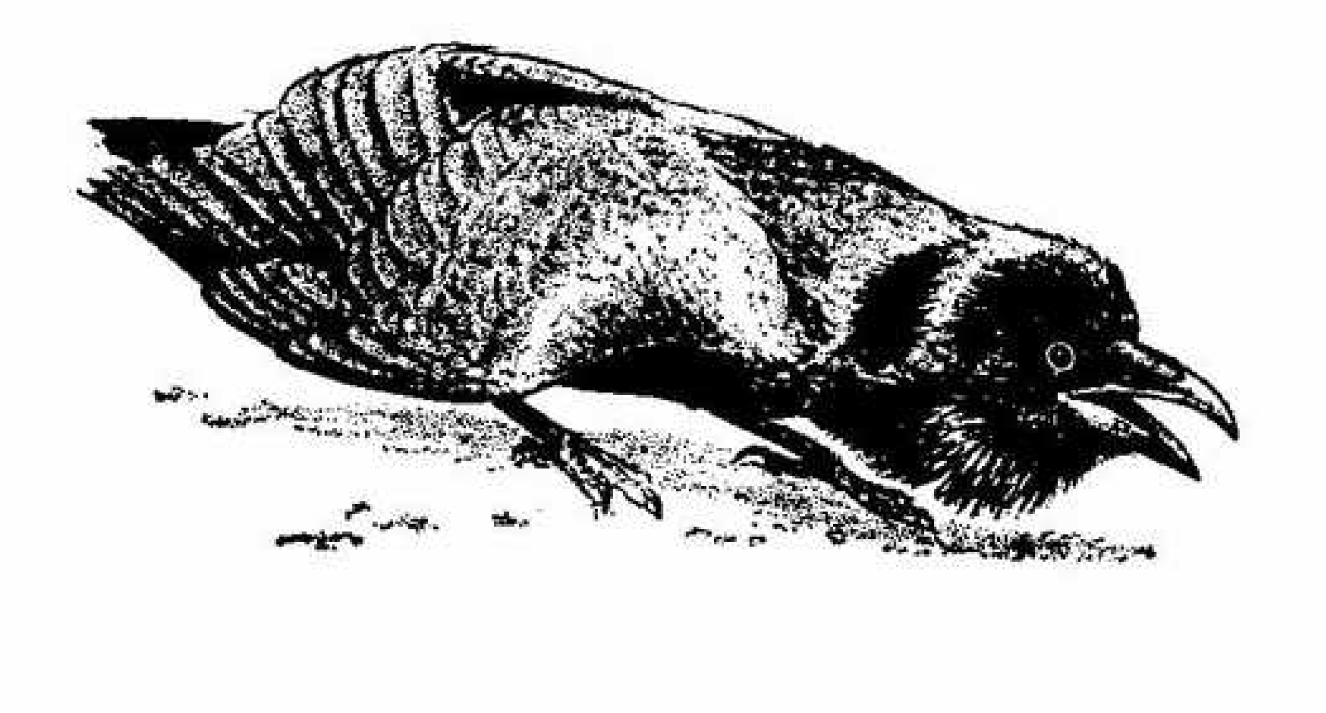
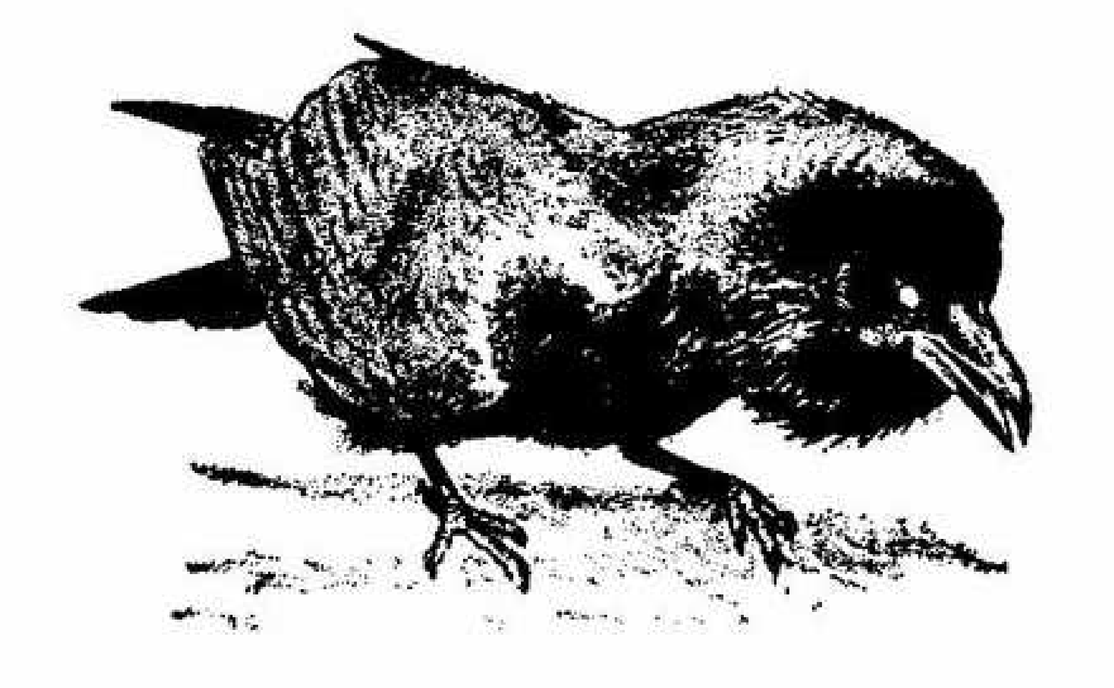


FIGURA 4. Cuervo macho en postura de amenaza con «cuernos».





FIGURAS 5 y 6. Movimiento de «ahogo» del cuervo macho.

cuerpo desnudas extensibles y ostentosamente pigmentadas, puede producir un estímulo visual peculiar utilizando las características disponibles y simplemente adoptando una postura no usual. Quizá solamente las plumas alargadas del cuello del ave, afiladas como lanzas, puedan considerarse como liberadores morfológicos; su magnífico aspecto se muestra claramente en la figura 8. En respuesta a todo esto, la «hembra» de cuervo detiene su ceremonia de saludo, pero sólo muy gradualmente. Poco a poco va agazapándose y finalmente adopta, con las alas y la cola temblorosas, la familiar postura de apareamiento de la gallina doméstica. En este momento emite una llamada baja y áspera. La corneja cenicienta emite aproximadamente el mismo grito característico, como he observado con aves domésticas que desarrollaban este comportamiento instintivo hacia su dueño. Naturalmente, ello no significa que deba ir seguido por un verdadero apareamiento; por el contrario, la doble ceremonia frecuentemente se interrumpe en este momento. Al aplastarse, la hembra simboliza su sumisión, y finalmente, cediendo en su continua retirada, permite al macho aproximarse a ella. Entonces cae en un estado de temblor extático de la cola, mientras el macho, no menos extático, emite sonidos nasales y alarga el cuello hacia adelante. Con sorprendente brusquedad, ambos pájaros parecen calmarse por completo y se alejan volando, normalmente juntos.

Para ser exacto, debo mencionar que la «ceremonia de docilidad» que acabo de describir nunca se desarrolló por completo con mi primera pareja de cuervos, que fueron los modelos para la mayoría de las ilustraciones aquí reproducidas. En la figura 8

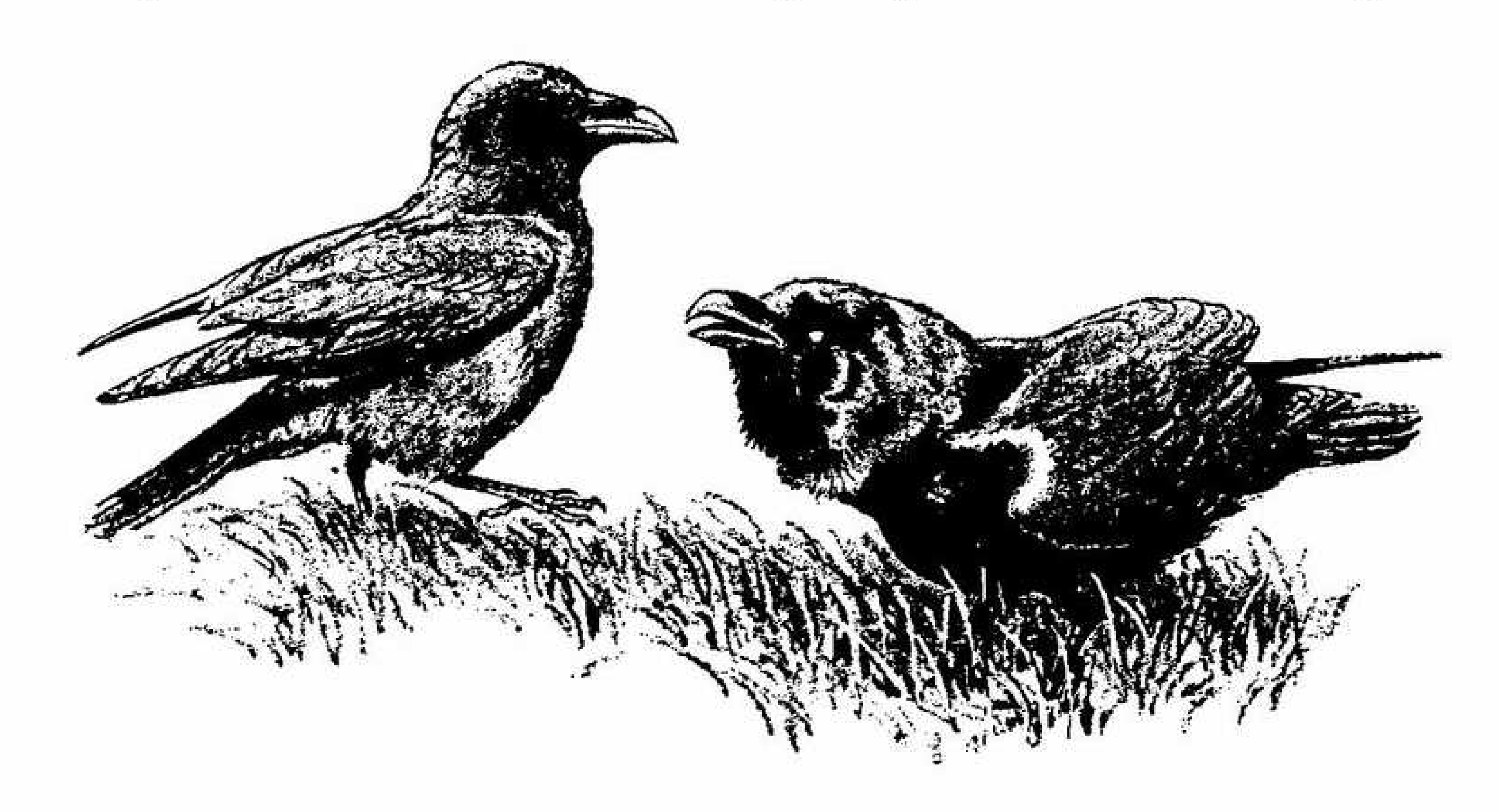


FIGURA 7. Clímax del movimiento de «ahogo» del cuervo macho.

la hembra permanece extrañamente lejos del macho durante la ejecución de la pauta de comportamiento instintivo de aplastamiento y temblor de la cola. Esto es porque, justo cuando la ceremonia de docilidad había empezado, ocurrió un bloqueo del normal desarrollo de la formación de la pareja. Ella no esperaba el acercamiento del vigoroso macho cortejante, sino que siempre lo evitaba y en el último momento saltaba alejándose hacia un lado. El macho trataba una y otra vez de acercarse a la hembra con la cabeza inclinada hacia adelante y la membrana nictitante sobre los ojos. Incluso adoptó esta postura de docilidad en vuelo, mientras seguía a la hembra por el aire (fig. 9). Como la hembra evitaba sus acercamientos una y otra vez, empezó a mostrar las «orejas» de amenaza descritas antes, y su docilidad se transformó en furia. Finalmente la persecución degeneró a tal extremo que la hembra se alejó volando para no volver más. Ante nuestra sorpresa, el macho que la había pretendido emparejó con la otra hembra inmadura mencionada antes, en una progresión normal de las ceremonias de formación de la pareja. Yo explico el fracaso de la formación de la pareja con la primera hembra de dos años por la historia anterior de los pájaros. Los dos habían crecido juntos y habían permanecido muchos meses inmovilizados en una pequeña pajarera. Durante este tiempo la hembra se había desarrollado tan acostumbrada a retroceder ante el macho más fuerte que ahora no podía mantener este acercamiento. Quizá sea absolutamente necesario que los compañeros no se hayan conocido anteriormente, o que al menos no se haya establecido un *status* definitivo en la relación entre ambos.

En las últimas fases de la formación de la pareja entre el

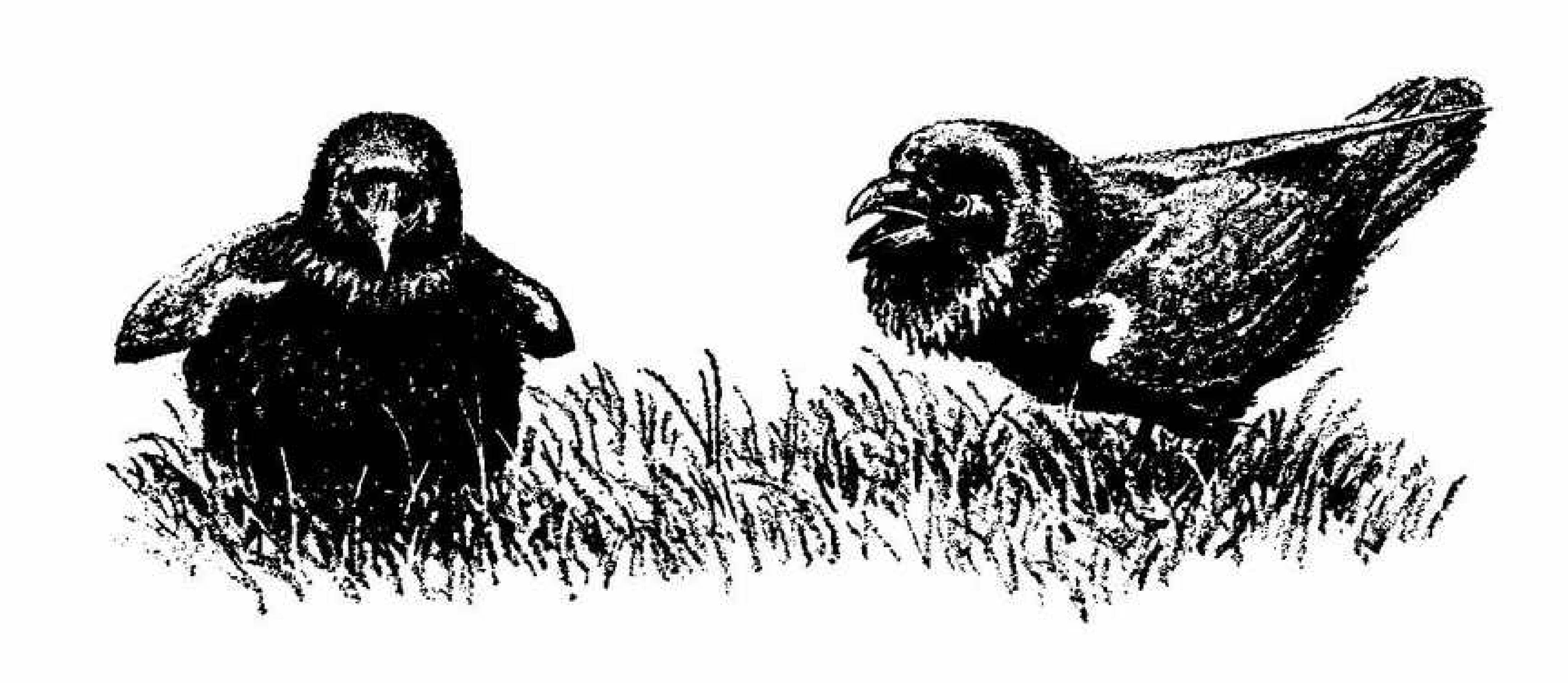


FIGURA 8. Macho de cuervo inmediatamente antes de aparear.



FIGURA 9. Pareja de cuervos en vuelo, con macho en «ahogo».

macho y la hembra más joven, todo el sistema de pautas instintivas de comportamiento propio de la especie descrito más arriba desaparece gradualmente, a medida que las dos aves van intimando. Al final no queda nada observable de la retirada de la hembra ni de la persecución por el macho. A duras penas hubiera sido posible, por otra parte, confirmar una relación basada sobre el *status* entre estos dos pájaros, ya que su mutua compatibilidad nunca había sufrido perturbación alguna. Por tanto, en el cuervo, el comportamiento impresionante, que es un requerimiento básico en el *display* instintivo de cortejo del macho con el fin de bloquear cualquier posible conducta masculina por parte de la hembra, está limitado al período de formación de la pareja.

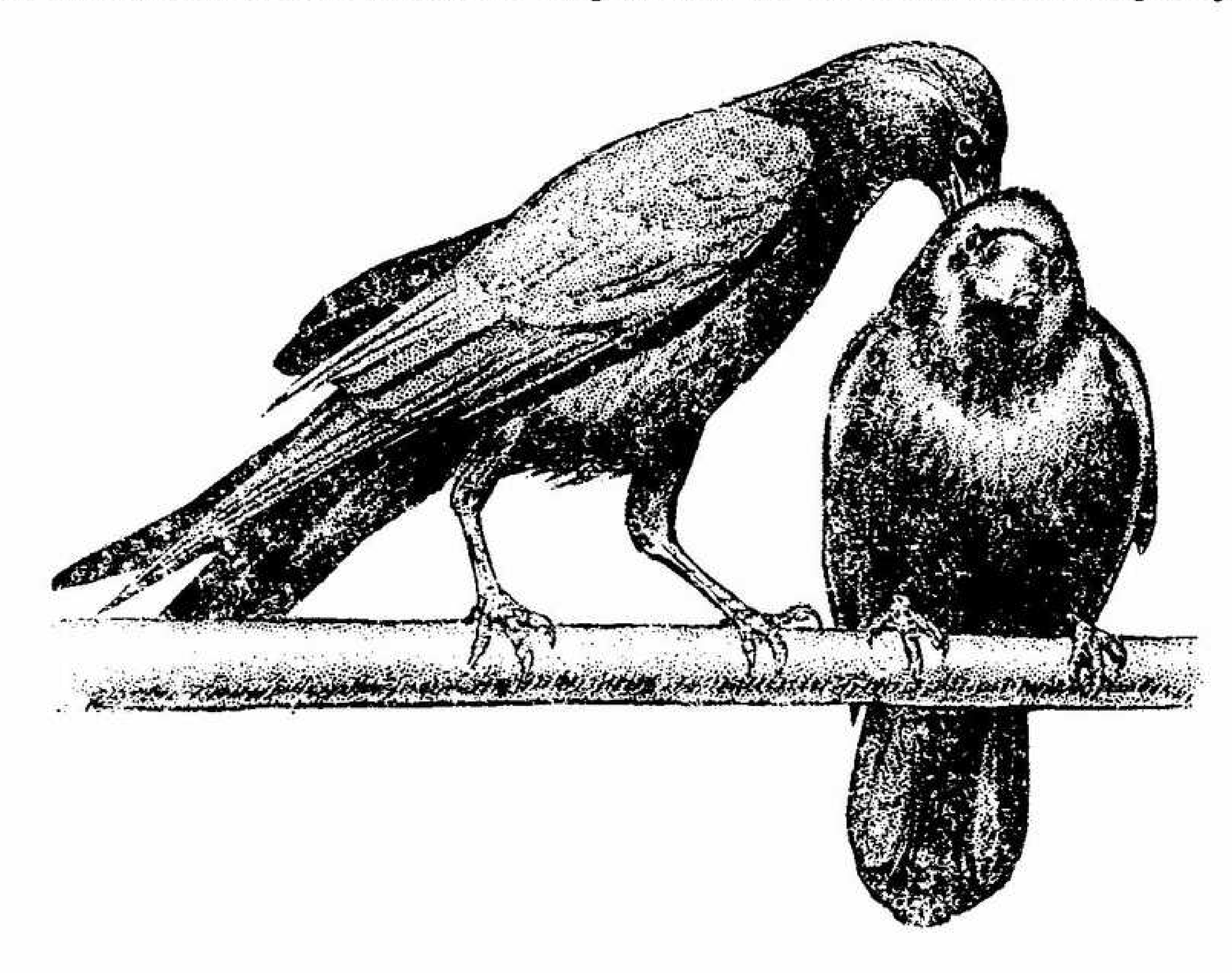


FIGURA 10. Cuervo macho acariciando el cuello de la hembra.

En palomas, por el contrario, continúan en actividad una serie de pautas instintivas que demuestran la superior posición del macho con respecto a la hembra, incluso cuando la pareja lleva formada un tiempo considerablemente largo. Esto se demuestra, por ejemplo, por el modo en que la paloma hembra es arrojada del nido por métodos que sólo pueden calificarse de rudos. La total ausencia de miedo hacia su compañero en la hembra del cuervo se muestra en la figura 10, que presenta a la hembra permitiendo al macho acariciar su cuello.

Por desgracia, no tuve oportunidad de continuar mis observaciones sobre la biología de la reproducción de esta pareja, porque un día el macho no volvió a casa, indudablemente derribado por algún cazador desaprensivo.

SOBRE LA PSICOLOGÍA DEL CABALLO

BERNHARD GRZIMEK

Entre los animales domésticos que el hombre ha adoptado no sólo por sus cualidades físicas sino también por su inteligencia, el caballo sólo es aventajado por el perro. Aunque el hombre ha vivido con caballos durante miles de años, ha hecho pocos estudios sobre su psicología. Los famosos libros de los grandes jinetes del siglo diecinueve solamente dan información de cómo domar al caballo y de cómo mejorar su preparación física. Las instrucciones militares sobre la equitación estaban concebidas de modo semejante; el caballo era todavía de vital importancia para la fuerza de choque del ejército. Pero en el año 1904 un caballo llamado *Kluger Hans* (Hans, «el listo»), perteneciente a Herr Von Osten, atrajo la atención de Alemania y de todo el mundo. Aunque los exámenes científicos demostraron que este caballo no podía leer, ni contar, ni contestar preguntas, respondía con exactitud increíble, por medio de golpes, a las señales inconscientes de su maestro y preparador. Lo mismo se reivindicó para el caballo de Karl Krall de Elberfeld, del que se suponía era capaz de leer cartas góticas, latinas y griegas, de entender alemán y francés y de resolver raíces cúbicas. El libro que Krall publicó en 1912 sobre estos «caballos pensantes» llamó la atención sobre su psicología, y probablemente estimuló a Maday a redactar un trabajo más científico, *La psicología del caballo y su manejo,* y al Dr. Emil Hauck su *Comportamiento psicológico de los caballos y perros* (1928). Pero incluso estos libros se limitaban a recoger anécdotas de la literatura y de la observación personal, sin el aporte de los métodos de la crítica experimental ya desarrollados por los etólogos actuales para su investigación. Citaban ejemplos de perros y caballos de los que se creía expre-

saban actitudes filosóficas por medio del lenguaje de campanadas y golpes, y eran influidos por la psicología humana, que a su vez estaba influida por la filosofía.

Como he montado caballos desde mi juventud, y he tenido cantidad suficiente para hacerlo profesionalmente, he tratado de aprender, mediante experimentos, algo acerca de su psicología.

Para hacerse una idea de cómo un animal ve el mundo, y por tanto del tipo de «entorno» en el que vive, es preciso examinar el alcance de sus órganos sensoriales. En la literatura más reciente se encuentra repetidas veces la afirmación de que los animales superiores son totalmente ciegos para el color. Esto es bastante cierto para algunos animales nocturnos, como murciélagos y lémures. Se han estudiado bastantes especies de insectos y peces en cuanto a su capacidad para diferenciar los colores, pero solamente unos pocos mamíferos superiores han sido observados de un modo fiable. La sensibilidad al color de los monos es excelente, siendo la del chimpancé incluso superior a la del hombre, mientras que los ratones, ratas, erizos, ardillas, conejos, mapaches, gatos y perros son sólo parcialmente sensibles a los colores, con amplias diferencias individuales.

He entrenado dos caballos a lo largo de varias semanas a recoger avena en una caja especial de entre una serie de seis a diez. Todas las cajas tenían la misma forma, pero para los propósitos del entrenamiento una de ellas llevaba una placa coloreada, por ejemplo, de amarillo. Todas las cajas tenían avena, de modo que los caballos no podían orientarse por el olfato. Todas las cajas menos la de la placa coloreada llevaban placas con un cierto tono de gris, haciendo un total de veintisiete tonos de gris desde el blanco hasta el negro. Para un ser totalmente ciego al color, el amarillo debería aparecer como un tono de gris, igual que en una fotografía en blanco y negro, y la placa coloreada no podría, por tanto, distinguirse de uno de los muchos grises claros y oscuros. Mis caballos no hicieron esto; tras algunas semanas de entrenamiento con diferentes colores escogieron el amarillo, el verde, el azul o el rojo correctamente en un 54 a un 98,6 % de los casos. El entrenamiento con el rojo fue el más difícil para los dos caballos, requiriendo el mayor tiempo y dando el menor número de resultados correctos; incluso así los caballos eligieron correctamente el rojo de entre cinco grises en un 54,5 a un 70,4 % de los casos. El entrenamiento fue mucho más fácil con el azul y el porcentaje de elecciones correctas mucho mayor; los resultados aún fueron más favorables con el verde, y los mejores

con mucho se obtuvieron con el amarillo. Con este color uno de los caballos logró un 94,9 % de elecciones correctas y el otro un 98,6 %. Para excluir la posibilidad de que el color de ensayo pudiera aparecer como un tono particular de gris usé, por ejemplo con el verde, no el verde plano acostumbrado, sino algo de verde claro y de verde oscuro, lo que a los ojos de un animal ciego para los colores aparecería como muy distintas sombras de gris. Los caballos no se confundieron por ello. La discriminación del color por las vacas, cebras, jirafas y meerkats se me demostró de manera similar por colegas del Parque Zoológico de Frankfurt.

Después reduje regularmente el tamaño de las placas coloreadas en las experiencias con mis caballos, hasta que al final sólo había estrechas bandas verticales de diferentes medidas. El caballo usado para esta experiencia tenía que decidir, a una distancia de varias yardas, entre dos ramas de un camino, según fuese hacia una banda coloreada o gris. De esta manera pude adquirir la evidencia de la agudeza visual de los caballos.

Incluso entre jinetes expertos está muy extendida la creencia de que los caballos ven todo muy aumentado, y que se asustan por ello. Tal idea es absurda, ya que el tamaño de la imagen invertida en la retina, que cambia de acuerdo con el diseño del ojo en las diferentes especies animales, es irrelevante. A partir de la imagen retiniana, el cerebro «calcula» bastante cuidadosamente el tamaño real del objeto reproducido. Cualquier animal en que esto no ocurriera habría desaparecido de la Tierra hace mucho tiempo. A pesar de todo pude comprobar que el sentido de la vista de los caballos es inferior al del hombre; y que igual que en el hombre, la agudeza visual respecto al azul es considerablemente menor que, por ejemplo, respecto al amarillo.

Cuando Alejandro Magno permitió al famoso pintor Apelles de Efeso representarle a caballo, el rey no quedó satisfecho con el modo en que reprodujo a su montura favorita, *Bucephalos*. Dispuso que se llevase al caballo ante la pintura para reprochar al artista alguna de sus faltas. Tan pronto como *Bucephalos* vio su retrato empezó a relinchar, y Apelles exclamó en seguida con una sonrisa: «Oh rey, tu caballo parece entender de pintura más que tú.» Para mi satisfacción, un par de milenios después, he podido averiguar que en realidad el relinchante *Bucephalos* no era una prueba de la calidad de su retrato.

Mi objeto era descubrir si los caballos reconocen esculturas o imágenes de dos dimensiones de sí mismos. Como siempre en

las investigaciones sobre comportamiento, solamente es posible extraer conclusiones sobre tales procesos psicológicos en animales empíricamente, a través de su comportamiento, ya que no estamos en posición de hacer preguntas. Primero reuní treinta y seis caballos que eran extraños unos para otros y los agrupé en parejas. Se reveló que dos caballos extraños se aproximarán el uno al otro con las cabezas altas y las orejas apuntando hacia adelante. Olerán primero las ventanas de la nariz del otro, después la cola y algunas partes del cuerpo. Además, siempre se mantendrán juntos en un entorno extraño.

Habiendo determinado el comportamiento de un caballo hacia otros caballos vivos, enfrenté más de cien animales a otro disecado de tamaño natural, y después a varias pinturas, también de tamaño natural. El caballo disecado fue acogido exactamente igual que uno vivo, y tratado como tal. Los caballos se colocaron junto al falso, al lado suyo. Si ahuyentaba con la fusta a uno de ellos, alejándolo del pesebre, descargaba su furia sobre el indefenso caballo disecado, galopando hacia él, golpeándolo, coceándolo y hasta derribándolo. El hombre descarga su rabia de una manera parecida sobre sus subordinados cuando ha sido reprendido por sus superiores. Incluso una imagen rudimentaria de tamaño natural de un caballo hecha con papel de envolver les hacía resoplar y agitar la cola; los caballos no podían ser alejados de él y los caballos padres trataban incluso de montarlo. Hasta una imagen de un caballo completamente esquematizada con patas hechas como columnas y aspecto general anguloso era tratado como miembro de la misma especie. Pero nada más que unos pocos caballos se interesaron por figuras de perros, y solamente los que habían mantenido relaciones amistosas con algún perro. Apelles se turbaría al comprobar que imágenes simplificadas y distorsionadas, dignas de un artista actual, eran aceptables para los caballos, tratadas como caballos y completamente reconocidas como tales.

Posteriormente ofrecí una cebra artificial a unas cebras salvajes en el Ngorngoro Crater, en Tanzania. También se interesaron por ella, y se aproximaron mucho, acercando sus narices a las de la figura y a su cola.

El respingo es una característica especial de los caballos que inspira miedo. Incluso hoy resulta muerta y herida más gente por el respingo de los caballos que por leones, tigres y todos los grandes predadores juntos. No era fácil investigar el respingo con mis animales, ya que estaban familiarizados con el tráfico en las

calles de Berlín y no era sencillo asustarlos. Estudié en particular un tipo de respingo capaz de desesperar a cualquier jinete: la negativa obstinada a pasar ciertos objetos cuando son desconocidos o cuando son nuevos en un entorno familiar. A menudo un jinete debe aplicar todas las tretas conocidas para hacer que un caballo pase por una hoja de periódico caída en una zanja. Pocos de los trescientos animales que utilicé para mis experimentos mostraron miedo ante algo. Ni un fuerte zumbido, ni un pilón lleno de sangre de caballo, ni unos discos de cartón intensamente coloreados arrojados al suelo les causaron ninguna impresión. Finalmente construí un vano de puerta y coloqué debajo un dibujo a tamaño natural de un perro cuya cola se movía, e instalé haces de ramas en la puerta, frente al perro, de manera que un caballo que se acercase tendría por fuerza que pasar a través de ello. Contrariamente a lo que esperaba, los caballos más jóvenes se asustaron menos que los más viejos, y los de raza menos que los otros, que por otra parte eran más tranquilos.

Los intentos de camuflaje por cambios en el vestido demostraron que los caballos reconocen a la gente que les es familiar por su aspecto general. La cara no juega inicialmente un papel importante, no más que cualquier otra superficie del cuerpo de tamaño parecido. Los caballos son muy fácilmente engañados por la ropa, y probablemente sólo aprenden muy gradualmente, familiarizándose con la gente que ven todos los días y que frecuentemente visten diferentes trajes, que la cara es la única parte del cuerpo humano que siempre permanece igual.

Hay muchos animales que muestran una milagrosa habilidad para orientarse; por ejemplo, los pájaros que migran al sur y después abandonan África para encontrar su camino de vuelta a los sitios de nidificación en el mar Báltico. En los últimos años se ha descubierto que la abeja utiliza la luz polarizada del cielo como un compás, y las hormigas y estorninos usan la posición del Sol. Muchos jinetes observaron durante la Primera Guerra Mundial que los caballos podían encontrar con seguridad el camino de vuelta a su unidad y establo cuando el hombre había perdido por completo el rumbo. El jinete sólo tenía que colocar las riendas en el cuello del animal y dejarle hacer. Esto provocó la creencia de que los caballos tenían una especie de sexto sentido, un «instinto del hogar».

Pero lo cierto es que al parecer, el caballo, moderno descendiente del original vagabundo de la estepa, simplemente tiene una excelente memoria para el paisaje y para los caminos que ha

recorrido antes. Para eliminar la posibilidad de que mis caballos se fiasen de algo más que de su memoria de las calles que antes había recorrido y de su sentido de la localidad, usé yeguas árabes de raza que nunca habían sido montadas ni enjaezadas, y que se utilizaban para criar en la gran yeguada Janow-Podlaski, en Polonia. No conocían más que sus establos y el cercado frente a ellos. Tapé los ojos a estas yeguas y las llevé en un camión a diferentes distancias de sus establos. Entonces les retiré la venda de los ojos y las dejé sueltas. Ninguna encontró el camino de vuelta. En lugar de ello se dirigieron hacia las granjas de la vecindad, quedándose cerca de las casas y habitaciones humanas. Siempre evitaron pasar a través de bosques. El comportamiento de estos animales no da bases para creer que los caballos tengan un sentido inherente de la dirección hacia la que está su establo. No obstante, estoy convencido de que los caballos que previamente hubieran recorrido estas calles montados o a la vara de un carruaje, encontrarían el camino de vuelta sin mucha dificultad.

Investigué la memoria que tienen los caballos para ciertos procesos, en particular la desaparición del alimento, echando ante su mirada avena en una de cuatro cajas cerradas. Entonces se permitía al animal andar desde su establo hasta las cajas y comer avena de la que acababa de llenarse. Incluso un jinete experimentado encontrará incomprensible que un caballo no pueda captar inmediatamente lo que parece una conexión obvia. Mis caballos iban tan frecuentemente a las otras cajas como a aquella en la que yo acababa de meter el alimento. Requirió entrenamiento largo y tedioso inducir a los animales a abrir primero la caja que acababa de ser llenada ante sus ojos. Una vez aprendida esta lección, no se les permitió acercarse y comer inmediatamente, sino que tuvieron que esperar durante diversos períodos de tiempo. Un caballo pudo retener en la memoria la caja recién llenada sólo seis segundos; el otro pudo recordarla durante dieciséis. Tras intervalos mayores volvía a probar en las demás cajas.

Por el contrario, los experimentos con perros y cuervos han mostrado que recuerdan durante horas el alimento ocultado ante su vista, y mis lobos guardaron el recuerdo durante días. No puede concluirse de tales experimentos que un caballo tenga en general una memoria mucho peor; *solamente que su memoria es breve para estos procesos específicos.* La ocultación de alimento no juega un papel importante en la vida de los animales herbívoros, mientras que las presas se ocultan a menudo del lobo, que es un cazador. Es probable que en lo que respecta al reconocimiento del territorio y la lucha por el dominio, por ejemplo, la memoria de los herbívoros sea incomparablemente mayor.

Antes de intentar juzgar la inteligencia de un animal es preciso saber, en primer lugar, cuáles son las pautas de comportamiento instintivo innatas y cuáles las adquiridas por experiencia en la vida de cada individuo. Esto sólo se ha determinado con exactitud en animales pequeños, sobre todo pájaros. En algunas aves, el canto específico de la especie es innato. Un mirlo incubado artificialmente está sexualmente maduro; no así la paloma torcaz, el gallo doméstico o el chotacabras, que necesitan escuchar y aprender el canto típico de su especie. Por otra parte, los pinzones o los ruiseñores que han crecido aislados no pueden cantar como sus compañeros hasta que no les han oído.

La conducta equina específica mostrada por un caballo que ha crecido aislado debe ser un comportamiento instintivo. Para establecerlo, esperé el alumbramiento de un caballo, tomé al recién nacido tan pronto como abandonó el cuerpo de su madre y lo envolví en mantas. Lo crié artificialmente, completamente aislado de los demás animales. Logré establecer una serie completa de pautas instintivas de comportamiento que este individuo llevaba consigo desde el cuerpo de su madre, ya que no pudo haber observado a ningún otro caballo.

En el hombre, la facilidad de manejo de la mano derecha o la izquierda es un atributo psicológico heredado. Pude establecer que entre los papagayos mayores el 45,8 % de las aves eran «diestras», es decir, se apoyaban en el pie izquierdo mientras comían y utilizaban regularmente el derecho para coger el alimento. En monos no hay signos de que se prefiera una mano o la otra. Los caballos rumian a menudo muy asimétricamente, masticando con su mandíbula inferior sólo en una dirección. Con la ayuda de un aparato sujeto al caballo para registrar estos movimientos de masticación confirmé que de cada diez caballos, ocho eran «masticadores de derechas», es decir, movían la mandíbula inferior solamente hacia la derecha y no en ambas direcciones.

Observé cincuenta y tres caballos en experimentos que duraron varias semanas: 1) pateando frente a un cubo de comida que no podían alcanzar, 2) andando sobre un obstáculo durante un paseo, 3) dando su primer paso al salir a pasear y 4) galopando sin jinete. Al pasear, el 77 % de los caballos eran unidextros, prefiriendo una pata delantera; el 58,5 % prefirieron la derecha,

el 41,4 la izquierda. Al andar sobre un obstáculo, ninguno de los diez caballos fue unidextro, es decir, no eligieron una pata en especial para empezar a caminar. Dejé a estos mismos caballos estar quietos y los llevé fuera de los establos para verlos moverse. Dos tercios empezaron a andar con una pata delantera; de éstos el 55 % eran diestros y el 45 % zurdos. Galopando sin jinete, solamente el 23 % adoptaron una forma determinada al hacerlo. Al galopar el 30 % empezaban con la pata delantera derecha y el otro 70 % con la izquierda. Esto contradice la pretensión común entre los jinetes de que todos los caballos sin adiestrar salen con la pata delantera izquierda en el galope. El hombre es cien por cien unidextro, y en el 95 % de los casos diestro. Los no humanos utilizan ambas manos u ojos en la misma medida. Una proporción de caballos mucho menor son unidextros, y de ellos los diestros y zurdos están representados aproximadamente en la misma proporción. El carácter unidextro de los caballos no está originado por su entrenamiento como caballos de montar o de tiro, como pude probar con animales jóvenes sin adiestrar.

El hombre forma instintivamente y de una manera innata un *sistema social de jerarquía*[a] cuando vive junto a más gente durante cierto tiempo. Schjelderup-Ebbe demostró hace cincuenta años que la gallina doméstica tiene una tendencia similar a formar jerarquías. Las aves no se picotean unas a otras al azar. Para cada pollo está determinado a qué pájaros puede disputar el alimento y de cuáles debe aceptar sin rechistar el picoteo. Por tanto, en la comunidad a la que pertenece, cada pollo tiene «superiores» e «inferiores».

Investigué varios rebaños de caballos para averiguar si entre ellos hay una jerarquía similar. Resultó menos fácil de establecer que para la gallina doméstica, porque los caballos son más amantes de la paz que éstas y no pelean unos con otros con la misma facilidad con que las gallinas se picotean. Pinté un gran número en ambos flancos de cada caballo de manera que podía distinguirlos más fácilmente y notar cualquier acto hostil entre ellos. Primero los dejé hambrientos durante un día, y después puse una única gavilla de avena en mitad del terreno del establo para provocar peleas. Hubo pocas embestidas y golpes serios. En vez de

a. No es éste el lugar para explicar de qué modo se determina la organización de la sociedad humana, pero desde luego no es instintivamente, por desgracia para muchos... *(Nota del traductor.)*

ello, el animal dominante indicó con un movimiento su intención de golpear, o mediante una típica postura de su cuerpo, elevando una pata, por ejemplo, para mostrar la intención de cocear. Este gesto era inmediatamente comprendido por los animales de rango inferior, que entonces hacían sitio al animal dominante. Así pude comprobar una firme jerarquía dentro de los rebaños separados de yeguas y caballos padres. Esta jerarquía había sido fuertemente alterada cuando la observé dos meses después. Sin embargo, el caballo padre de mayor rango no decide la dirección del rebaño cuando está pastando ni cuando está siendo perseguido. Esto es función de los animales de rango más bajo. En el rebaño de yeguas, los individuos de mayor rango se aislaban a menudo a distancia considerable de los otros animales, y pastaban por su cuenta.

He podido esquematizar algunas de las características que pueden incluirse en nuestra imagen de la psicología del caballo. Queda por decir que serán necesarios muchos más estudios detallados antes de que tengamos tan siquiera una idea aproximadamente precisa de ello.

LA COMIDA DE LOS ANIMALES

KARL VON FRISCH

Las comidas humanas son asuntos complicados. Hay que discutir mucho antes de que por fin se elija el menú; entonces viene la condimentación, el alimento se asa o se cuece y por fin se añade la guarnición. Es obvio que los animales se comportan de diferente manera respecto a esto. Se sabe mucho menos acerca de lo variadas que son las comidas animales, qué diferentes del procedimiento humano, e incluso qué sensibles e imaginativas.

Empecemos con las comidas de la pulga de agua, un contraste extremo con lo más apetitoso para un *gourmet*. Afortunadamente —pensará usted— las pulgas casi han desaparecido de nuestra sociedad; y ahora nos viene diciendo que hay pulgas en nuestra agua. No se preocupe. Se les ha dado ese nombre solamente porque cuando nadan hacen movimientos parecidos a los de las pulgas. Puede decirse que llevan a cabo una especie de movimiento de salto, como las pulgas en seco. En realidad son pequeños crustáceos, como langostas diminutas, menores que una cabeza de alfiler. Ecológicamente juegan un papel muy importante, pese a su pequeño tamaño. Imaginemos que estamos cruzando un lago en bote, arrastrando detrás de nosotros una red de malla muy fina. Cuando hayamos cubierto, digamos, cien yardas, tiramos de la red y vaciamos su contenido en un cubo de agua. El profano quedará atónito ante la multitud de pequeñas criaturas capturadas en las claras aguas del lago, en el que, desde el bote, no podemos ver una sola criatura viviente, excepto quizá algún que otro pez. Hay un enorme número de pulgas de agua en nuestra captura. Son parte importante en la alimentación de los peces de agua dulce. Pero, ¿cuál es su propio alimento? Si se idease un

premio a algún modo especial de tomar substancias crudas, la pulga de agua seguro que se llevaba el primer puesto. Desde por la mañana temprano hasta por la tarde y desde la tarde hasta la mañana no hacen sino nadar hacia adelante y hacia atrás, con gran regularidad, para filtrar el agua a través de la cual se desplazan con los movimientos de sus pequeñas patas. Estas patas son microscópicas obras de arte. Están espesamente tapizadas de erecciones entrecruzadas, que forman una especie de aparato filtrador que tamiza criaturas aún menores que flotan en el agua, invisibles al ojo humano. También tienen vellosidades que barren y vellosidades que recogen, allegando automáticamente, con movimientos repetitivos de natación, todo lo acumulado en sus filtros y llevándolo a la boca. De este modo, filtrando constantemente y de un modo no selectivo, toman el alimento, con el resultado de que estos pigmeos florecen y proliferan en enormes cantidades.

En el reino animal no sólo los enanos adquieren su sustento por medio de la filtración. Los mayores entre los gigantes del reino animal, las ballenas, utilizan los mismos procedimientos. La boca de una ballena tiene una enorme capacidad cúbica. Cuando la ballena abre la boca, entran en ella, arrastradas por una avalancha de agua de mar, multitud de criaturas marinas —moluscos, crustáceos y otros— la mayor de las cuales sólo tiene una pulgada de longitud. Cuando cierra la boca y vuelve a echar fuera el agua, retiene todo el alimento de pequeños animalitos mediante el tamiz que tiene en lugar de dientes. Miles de tales criaturas marinas apenas bastan para un buen bocado. Entre los más temidos piratas del mar, los tiburones, hay una especie particularmente grande, el peregrino, que no ataca a nadie, sino que vive de una manera parecida a las ballenas y pulgas de agua, por filtración no selectiva de presas comparativamente pequeñas.

Las ballenas y las pulgas de agua son realmente excepciones en sus métodos de alimentación. La mayoría de los animales escogen deliberadamente su alimento. Lo que eligen varía en gran medida de un animal a otro y con frecuencia no corresponde en absoluto a nuestros gustos. Sobre gustos no hay nada escrito; este viejo refrán es especialmente apto cuando se aplica al reino animal y a su variedad. Para un escarabajo pelotero no hay nada más delicioso que el olor del estiércol de vaca, y una boñiga, a la que es llevado por su sentido del olfato, es el *summum* de la delicia culinaria. El famoso *Scarabaeus,* que fue consagrado por el antiguo Egipto, hace una especie de rito del acto de moldear el estiércol que encuentra en una bola limpiamente

conformada, y entonces la rueda por el suelo. El macho y la hembra realizan juntos esta tarea. Finalmente colocan la bola en un agujero del suelo donde, antes de depositar los huevos, se dan juntos el gran banquete.

Incluso aunque podamos apreciar el valor alimenticio de esta comida —puesto que en las heces de los mamíferos hay muchos productos alimenticios que pueden ser extraídos y utilizados— muchas amas de casa se maravillarán de lo que hace engordar a sus polillas. Ningún hombre pensaría en morder su jersey ni su cuello de piel, ni siquiera durante los períodos de hambre más rigurosos. Pero para las polillas esto es bastante normal. El pelo de una piel, las fibras de lana, nuestro propio cabello e incluso las plumas de las aves nacen de la piel viva y están formados por la misma substancia que la piel: un material rico en proteínas nutritivas. Está solidificado y químicamente alterado de tal forma que no puede ser atacado por nuestros jugos digestivos, y por tanto no se disuelve en nuestro estómago. La peculiaridad de las larvas de polilla es que sus jugos digestivos son ligeramente diferentes en su composición de los nuestros, y están especialmente adaptados para absorber este material alterado de la albúmina, de forma que pueden disolverlo. Por eso, para ellas, un banquete de pelos es tan alimenticio como un filete para nosotros.

A la hora de la comida, está mal visto engullir ávidamente trozos enteros de comida sin masticar. También se supone que es insano. En el mundo animal, entre un gran número de especies, es normal engullir sin masticar trozos enteros de alimento. La masticación es un hecho excepcional. Entre los vertebrados, por ejemplo, encontramos que las bocas de los peces, ranas y serpientes están provistas de dientes. En realidad tienen muchos más dientes que el hombre: pero estos dientes son afilados y agudos colmillos, con las puntas vueltas hacia atrás; no están diseñados para la masticación y nunca se usan para ella. Su función es evitar que escape la presa capturada. Cuando una serpiente captura una rana, o cuando un lucio coge un pez, estos crueles dientes parecidos a garfios son muy necesarios para evitar su huida. El «perro del norte», ese colosal pirata de los golfos europeos, tiene cerca de diez mil dientes en sus mandíbulas.

Para los vertebrados de sangre caliente —las aves y los mamíferos, incluyendo al hombre— la masticación es muy importante. La comida es el combustible para sus cuerpos. Para poder mantener sus elevadas temperaturas corporales, tienen que aprovisionarse de gran cantidad de alimentos, igual que un hornillo se

llena con gasolina. Cuanto más desmenucen los dientes el alimento, antes se disolverá en el estómago y en los intestinos por la acción de los jugos digestivos, y antes tendrá lugar el repostage de los sistemas de calentamiento. Ésta es la razón por la que los animales herbívoros mastican tan concienzudamente.

Pero ¿cómo se arreglan las aves? También son de sangre caliente: su metabolismo es especialmente activo y su temperatura normal es la de un hombre con fiebre elevada. No obstante, tienen picos córneos sin dientes, y como mucha gente ha observado, las gallinas y las palomas toman granos enteros, que deben ser muy difíciles de digerir. Pero las aves también pulverizan mecánicamente su alimento y lo hacen incluso más a fondo que el hombre. El naturalista Réamur descubrió esto hace tiempo. Se estaba entonces discutiendo si la digestión en el estómago era un proceso químico o mecánico. Réamur planeó un experimento muy elegante para esclarecer definitivamente este asunto. Tomó algunas cuentas de cristal de buen tamaño e insertó en sus agujeros granos de avena. Razonó que si la digestión tenía lugar por acción química los granos se disolverían, desapareciendo los agujeros de las cuentas. Si, por el contrario, el proceso era sólo mecánico, los granos de avena así protegidos permanecerían intactos. Dio las cuentas con granos a sus pavos y esperó expectante su reaparición. Pero esperó en vano. No pudo descubrirse nada en los excrementos de los pavos. Siguió buscando las cuentas perdidas matando a los pavos en diferentes períodos después de haber comido, y halló que las cuentas habían sido trituradas en el más fino polvo de vidrio en el estómago de las aves.

El estómago de un ave granívora es un sistema de trituración de alimento. Su elevada eficiencia ha sido ilustrada por el experimento antes descrito. Sus paredes son extremadamente musculosas y están cubiertas por una capa de substancia córnea y áspera. Las aves granívoras, además, tienen la costumbre de engullir pequeñas piedras que actúan en el estómago como piedras de molino, rompiendo el contenido muy finamente a medida que los músculos de las paredes del estómago se contraen poderosamente. El triturado es entonces impulsado en el interior del intestino para sufrir la parte química del tratamiento. De hecho, las aves granívoras mastican su comida muy a conciencia, pero lo hacen con el estómago, y las piedras que tragan realizan básicamente el trabajo de los dientes de que carecen.

Hay otros procedimientos de superar la falta de dientes. Por ejemplo, vivir de alimento líquido. Es una solución al problema

de la preparación de la comida ampliamente practicada en el mundo animal. La pulga que pica al hombre y entonces le chupa la sangre, la mariposa que sorbe jugos azucarados de las flores con su probóscide, el colibrí que con su largo pico extrae el rico néctar de las flores tropicales, no necesitan preocuparse por el procesamiento de sus líquidos nutritivos. Es conocido el hecho de que muchos animales, algunos de ellos muy familiares, viven sin alimento sólido y toman todo en forma líquida: lo digieren antes de que entre en la boca. Cuando, por ejemplo, una araña captura una mosca en su intrincada red, la mata con una picadura venenosa y entonces le inyecta una gota de jugo digestivo en el interior a través del agujero hecho por la picadura. Por ello es una gran ventaja para la araña que las moscas, como todos los insectos, tengan una armadura rígida de piel encerrando el cuerpo igual que un caparazón encierra un huevo. El jugo digestivo que la araña inyecta disuelve músculos e intestinos, y el líquido resultante no puede escaparse gracias a la armadura que lo encierra. Después de cierto tiempo la araña puede beber el contenido licuado, y solamente queda el caparazón vacío.

Permítasenos finalmente echar una ojeada al mundo de la vida de las profundidades marinas, en las grandes depresiones de los océanos donde no penetra la luz. Hay una gran riqueza de vida aquí, pequeñas criaturas de todos los tipos, incluyendo peces que llevan sus propias linternas para iluminar la oscuridad de su entorno. Elegiré sólo un tipo de criaturas abisales. De nuevo nos acercamos al punto de partida de nuestras observaciones, es decir, a las costumbres humanas. El ama de casa está al cuidado del hogar. Ella procura que el marido tenga siempre qué comer.[a] Esto también ocurre en muchos de los peces de las profundidades, y en algunos casos la hembra, no solamente se hace responsable de la provisión de alimento, sino que incluso ¡come por su marido! A edad muy temprana, el macho busca la compañía de la hembra. Cuando ha encontrado una, se fija firmemente a su piel y se desarrolla en ella de manera que se transforman en una sola criatura; pierde los ojos, incluso el cerebro, viviendo a costa de la corriente sanguínea de su compañera.

a. No estará de más recordar que la supuesta obligación que la mujer tiene de cuidar de sus hijos y su marido no es propia de la humanidad, sino de algunos sectores de ella. Una vez más las comparaciones entre las sociedades animal y humana se revelan como desprovistas de toda base científica, y sin más finalidad que justificar las ideas del autor y la parte de la sociedad a la que representa. *(Nota del traductor.)*

TÉCNICAS DE VUELO ANIMALES Y HUMANAS

ERICH VON HOLST

El camino que ha seguido el hombre para dominar el aire está cubierto de errores y falsas conclusiones, quizá más que cualquier otro campo de la inventiva humana. Desde la más remota antigüedad, el hombre intentó volar apoyándose en falsas deducciones que, como todavía parece fascinar todo lo relacionado con el vuelo, empezaré por analizar.

La inspiración de todos los intentos humanos de abandonar la superficie de la tierra y elevarse en el azul se originó con toda seguridad en la diaria contemplación del vuelo de las criaturas del mundo animal. Si no hubieran observado durante siglos cómo los pájaros navegan en la inmensidad del cielo batiendo sus alas, difícilmente hubieran concebido la idea de que semejante cosa era posible. Como todos los habitantes de la tierra, experimentamos el aire como algo sin peso, algo que no ofrece resistencia, algo intangible, algo, en definitiva, a lo que no deberíamos confiar el transporte de nuestro peso.

Pero como los pájaros han volado ante nuestros ojos desde que se cree que se originó la especie humana, hemos pensado que solamente necesitamos imitar lo que ellos hacen, una vez descubierto cómo lo hacen. Pequeña maravilla visualmente admirada por algunas personas, pintores y escultores, que han sido especialmente cautivados por el reto del problema: Leonardo, Goya, Arnol Böcklin y otros. Pero han sido víctimas de un error compartido por todos los observadores no iniciados. Cuando uno mira un gran pájaro, una gaviota o una cigüeña, navegando con escasos y lentos movimientos de las alas, se tiene automáticamente la impresión de que el acto no requiere esfuerzo: cuanto más lento es el batir de las alas más fácil parece ser el acto de

volar. Se está inclinado a atribuir un mayor derroche de esfuerzo a un ave como el faisán, que vuela con movimientos rápidos de las alas. Pero lo cierto es justamente lo contrario: cuanto más lentamente mueve un ave las alas, más esfuerzo aplica. No podemos saber por experiencia personal que una superficie de oscilación lenta que planea a través del aire con gran velocidad crea una fuerza enorme. No podemos imaginar fácilmente que para los pájaros el aire está construido, como si dijésemos, de vigas de madera. Solamente las mediciones cuidadosas nos han demostrado esto, y han probado que volar con alas móviles no es de ninguna manera menos cansado, más conservador de la energía, que el vuelo con alas rígidas impulsadas por el movimiento de una hélice.

Todo esto supone una enorme desilusión para los que imaginaban que era posible un hombre alado volando con su esfuerzo muscular. Fue este deseo el que dio siempre renovados impulsos a la exploración del vuelo de las aves: sólo con que el hombre conociera cómo realizar los movimientos correctos podría volar, se pensaba. Hoy día sabemos todos los movimientos correctos: podemos construir «pájaros artificiales» que pueden elevarse en el aire exactamente igual que los vivos, volar sin perder el equilibrio y aterrizar bien. Lo único que no podemos es montar en esos pájaros e impulsarlos con la fuerza de nuestros brazos o nuestras piernas, como si fueran una especie de bicicleta aérea. Necesitan el poder conductor de un motor. Los hombres somos demasiado débiles como para poder llevar nuestro propio peso de esa manera. No solamente son demasiado débiles nuestros músculos, sino que nuestro metabolismo no es lo suficientemente energético, nuestra circulación es demasiado lenta, nuestro corazón demasiado pequeño y débil, y nuestros pulmones no nos permiten tomar oxígeno con la rapidez suficiente. De modo que la idea de que un día podremos abandonar nuestras casas, montar un aerociclo y pedalear sobre las montañas y los bosques, no es sino un hermoso sueño.

He dicho que actualmente podemos construir pájaros artificiales que funcionan tan bien como los otros. Pero ¿cómo mueven las alas los pájaros reales, y por qué nos ha llevado tanto tiempo descubrirlo para imitarlo, descubrir los secretos del vuelo de las aves? Ahora que tenemos la información correcta es fácil dar las respuestas correctas. La razón es que no hay tales secretos. El movimiento de las alas de un pájaro es nada más que una adaptación ideal a las cualidades del medio de vuelo: el aire.

Para el ala en movimiento, el aire no es sino un líquido: no un gas que puede comprimirse, sino un líquido circulante de densidad muy baja. Y los movimientos de vuelo nos resultan más comprensibles si pensamos en los de natación de un pez en el agua. El pez nada con movimientos sinuosos. El cuerpo forma una línea sinuosa, ondulante, desde la cabeza hasta la cola, como en la anguila —o bien son solamente la cola y las aletas pectorales las que describen este camino sinuoso— y continuamente adaptan su superficie exactamente a este camino. Precisamente el mismo procedimiento adoptan todas las criaturas voladoras: la punta del ala descubre un camino ondulante, arriba y abajo, mientras el cuerpo se desliza hacia adelante en línea recta; no se trata de que el ala esté oscilando arriba y abajo en un plano rígido. El ala se adapta del modo más finamente balanceado al camino sinuoso. Cuando baja, el borde frontal se inclina hacia abajo, y cuando sube con el movimiento opuesto, el borde frontal se inclina hacia arriba. Todo depende de la exactitud de este componente motor. Cuando miramos a simple vista un cuervo o una gaviota volando, incluso muy cerca de nosotros, los detalles del movimiento no son perceptibles. Sólo vemos el subir y bajar, no la rotación o, más concretamente, la torsión del ala alrededor de su eje longitudinal. La cámara lenta fue la primera en clarificar los detalles de este movimiento.

No es correcto decir, como algunos reclaman, que un ave puede mantenerse en el aire porque con el batir de sus alas hacia abajo comprime el aire debajo de ella y permanece sobre este colchón de aire, y cuando bate hacia arriba encoge sus alas y salta hacia lo alto tan rápido como puede. Por el contrario, ya que el ala, tanto al subir *como* al bajar, se adapta precisamente al camino sinuoso y se desliza a través del fluido que la rodea, puede, al subir y al bajar, crear una fuerza aspirante que lleva su peso exactamente igual. Si se observa el vuelo de una gaviota o de una cigüeña cuidadosamente, se advertirá que el cuerpo del ave se desliza hacia adelante en línea recta como si estuviese atado al cielo por una cuerda invisible desde abajo. No sube cuando las alas baten hacia abajo, y no cae cuando baten hacia arriba. Y, por supuesto, lo mismo ocurre con los pájaros artificiales. La elegancia de estos movimientos de vuelo, el goce estético que se obtiene de su contemplación, es el resultado directo de la precisa adaptación del movimiento del ala. El primer pájaro artificial que construí no movió sus alas con adaptación perfecta y no era bonito contemplar su vuelo. Al principio mi placer

estético se vio perturbado; solamente después el conocimiento técnico identificó la causa de mi dificultad y me permitió eliminarla. Si la mecánica de un movimiento está perfectamente adaptada al medio, o si la mayor economía de movimientos se combina con el mayor grado de eficiencia, el resultado será un movimiento que estéticamente será también muy satisfactorio. Ésta es una regla general que tiene validez no solamente para los mecanismos motores naturales, sino también para los artificiales.

Acabo de decir que el viejo anhelo de volar utilizando alas activadas por nuestros propios músculos nunca será realidad. La cuestión que naturalmente se plantea es si los métodos de vuelo de las aves tienen alguna relevancia en las técnicas de vuelo humanas, si quizá podemos aprender algo en algún otro sentido. Creo que ahora podemos contestar a esta pregunta afirmativamente: realmente *podemos* aprender algo de las técnicas de vuelo de las aves, precisamente porque son superiores a las técnicas de vuelo humanas en un aspecto decisivo: en el llamado «amplitud del rango de velocidad». Explicaré esto con algo más de detalle.

Nuestros actuales aeroplanos convencionales están diseñados para alcanzar grandes velocidades, pero no pueden volar despacio. Cuanto más aumenta su velocidad, más problemático y peligroso se vuelve el despegue y aterrizaje, pese a todas las ayudas técnicas. Por otra parte, tenemos el helicóptero, un aparato que puede permanecer quieto en el aire y que puede despegar y aterrizar en cualquier parte. Pero las velocidades de vuelo que puede alcanzar son muy bajas. El aeroplano normal no puede volar despacio porque tiene alas rígidas para llevarlo y es impulsado por una hélice o un reactor. Solamente cuando ha alcanzado una cierta velocidad puede el aire que corre alrededor de sus alas determinar un impulso ascensional capaz de elevar el enorme peso del aparato. Por otra parte, el helicóptero no tiene alas rígidas, sino una hélice giratoria alrededor del eje vertical que impulsa hacia abajo en lugar de hacia adelante, de la que cuelga directamente el peso del aparato, de tal manera que resulta imposible una elevada velocidad en horizontal. Las criaturas voladoras no tienen ese problema porque no tienen alas rígidas. Sus alas móviles combinan la función de sustentación con la de impulsión hacia adelante, según se requiera en cada momento particular. Un pájaro puede volar rápidamente y disminuir a voluntad su velocidad. También puede aterrizar y despegar en cualquier punto elegido, sin velocidad de impulsión.

Hay expertos naturales en volar en el sitio, es decir, en revolotear: muchos insectos pertenecen a esta categoría, al igual que el colibrí. La diferencia entre volar hacia adelante y volar sobre el sitio consiste simplemente en el hecho de que en ambos casos las alas se mueven en diferentes ángulos. Son casi verticales en el vuelo hacia adelante, en el que se mueven hacia abajo desde arriba y entonces de nuevo hacia arriba. En el vuelo sobre el sitio, las alas se mueven más o menos horizontales, es decir, que se mueven desde atrás hacia adelante y entonces vuelven de nuevo. Si el pájaro quiere volar lentamente mueve las alas en un plano inclinado, batiendo desde arriba y atrás hacia abajo y adelante. Estos planos diferentemente angulados crean fuerzas aerodinámicas de distintas direcciones. Un plano horizontal crea fuerzas de aire verticalmente hacia arriba: el pájaro se eleva hacia arriba, pero no se mueve hacia adelante. Y cuanto más se aproxima el plano de batido a la vertical, más aumenta la velocidad de vuelo. Todo esto puede demostrarse fácilmente con pájaros artificiales. Un gran pájaro artificial puede ser decididamente superior a los modernos tipos de aparatos en un aspecto particular: podrían combinar las ventajas del jet y las del helicóptero.

Sería técnicamente bastante posible construir un gran ave a motor, pero estaría lejos de ser sencillo. Ante todo, el cuerpo del grande y lento aparato de alas móviles debería necesariamente realizar él mismo movimientos de oscilación, que podrían destrozarlo. Este problema se solventaría tomando como prototipo no un pájaro, sino una libélula. Las libélulas, como la mayoría de los insectos voladores, tienen un par de alas a cada lado de su cuerpo y mueven estos dos pares de alas en direcciones opuestas; cuando el par de alas delanteras bate hacia abajo, el par de atrás bate hacia arriba, y viceversa. Por lo tanto, siempre hay un par de alas preparado para batir hacia abajo, de forma que el cuerpo de una libélula artificial no estaría sometido a oscilaciones ruptoras. Pero hay otra dificultad más importante que hay que vencer. Las investigaciones técnicas han demostrado repetidas veces que el movimiento de las masas *oscilantes* es difícil de controlar; sería por tanto mucho más racional planear un movimiento *rotativo* para nuestro modelo. Esto significaría que cada ala, en vez de subir y bajar, giraría constantemente en la misma dirección alrededor del cuerpo, por ejemplo, moviendo hacia abajo el lado derecho del cuerpo, pasando entonces bajo él para elevarse de nuevo por la parte izquierda, mientras que el otro ala del par se movería en la dirección opuesta, con su carrera descendente en el lado izquierdo del cuerpo, y la ascendente en el

lado derecho. Esto es fácilmente realizable, y una libélula mecánica así podría permanecer estacionaria en el aire y también alcanzar las mayores velocidades posibles hoy día; tendría dos hélices que se moverían lentamente en direcciones opuestas alrededor del eje del cuerpo. Cada una de estas dos hélices, exactamente igual que el ala de un pájaro, podría simultáneamente mantener e impulsar hacia adelante.

UNA EXCURSIÓN A TRAVÉS DEL MUNDO SENSORIAL DE LOS ANIMALES

SVEN DIJKGRAF

Cualquier animal percibe el medio externo solamente a través de lo que sus sentidos pueden averiguar de él. Vive en un mundo propio, que es más o menos diferente del de otros animales y del del hombre. Tales diferencias están parcialmente basadas en las variaciones en la construcción de los órganos sensoriales; pero están primariamente evocadas por diferentes modos de vida. Voladores, nadadores y animales nocturnos, por ejemplo, se enfrentan a condiciones muy diferentes de las del hombre, que vive en la tierra y está adaptado a la actividad diurna. Por tanto, apenas sorprende que el estudio de la eficacia de los sentidos de los animales, revele a menudo capacidades que parecen imposibles para la mente humana. Hagamos una breve excursión a través del mundo de la percepción sensorial de los animales, fijándonos especialmente en ciertas aptitudes especiales.

Hablemos antes que nada de una criatura de todos conocida: la abeja. Los asombrosos descubrimientos hechos por el zoólogo de Munich, Karl von Frisch, en sus investigaciones sobre el llamado «lenguaje» de las abejas, excitaron a los círculos de especialistas y al público en general, y ejercieron una estimulante influencia sobre otros campos de investigación. Nos referiremos a ellos brevemente aquí.

Las abejas son criaturas sociales; viven en comunidades, y su bien ordenada vida comunal presupone alguna forma de comunicación entre las abejas de la colmena. Se sabe desde hace tiempo que entre las abejas tiene lugar una transmisión de información relativa al alimento. Si una abeja encuentra una fuente de aprovisionamiento, señalará el hecho a sus compañeros volviendo a la colmena, y ellas irán en número creciente a dicha

fuente de aprovisionamiento para tomar parte en la recolección. Muchos tipos de hormigas se comportan de modo semejante, mostrando a las demás el camino marcando su rastro con una esencia que exudan. En las abejas esto no es tan sencillo, ya que sus fuentes de alimento son plantas y flores que alcanzan volando a través del aire, donde difícilmente podrían dejar un rastro de olor seguro. Incluso así, el olfato juega una parte importante en su sistema de comunicación.

Se ha demostrado que cuando las abejas avisadas abandonan la colmena en enjambre, se guían sobre todo por el olor de la fuente de alimento que acaba de ser descubierta. La abeja que lo ha descubierto lleva su olor no solamente en los pelos del cuerpo, sino también —y de modo más efectivo— en el alimento que ha cogido, en el contenido del saco de miel que regurgitará en la colmena para beneficio de la comunidad.

Tal forma de comunicación difícilmente bastaría si el sitio del alimento estuviera lejos de la colmena, aunque las abejas alertadas pueden llegar hasta él desde varias millas de distancia. De hecho, las abejas se dicen unas a otras no solamente *qué* deben buscar, sino también *dónde* lo encontrarán. El modo en que lo comunican es uno de los más excitantes fenómenos biológicos descubiertos en mucho tiempo.

La abeja mensajera ejecuta un movimiento muy especial sobre el panal vertical, la llamada «danza de la cola oscilante», durante la que corre continuamente en semicírculos cerrados, primero en una dirección y después en la contraria; estos semicírculos están conectados por una línea recta que la abeja seguirá, siempre en la misma dirección, mientras mueve la cola. La frecuencia de estas oscilaciones de la cola indica la distancia desde la colmena a la fuente de alimentación: va desde unas cuarenta carreras por minuto cuando la distancia es de unas cien yardas, a cerca de diez carreras por minuto cuando es de unas dos millas.

Pero la dirección en la que está la fuente de alimentación es también comunicada por medio de los movimientos de la cola. La clave del código es ésta: si la danza sobre el panal apunta verticalmente hacia arriba, entonces la fuente de alimento está en línea recta desde la colmena en la dirección del sol. Si la dirección de la danza es verticalmente hacia abajo, entonces la dirección de la fuente de alimento será la opuesta a la del sol. Si la dirección de la danza se desvía unos sesenta grados a la izquierda de la vertical, entonces las abejas solamente tienen que mantenerse sesenta grados a la izquierda del sol para volar exactamente hacia la fuente de alimentación, y así sucesivamente. Por tanto, la posición de la fuente de alimentación en relación con la posición del sol se traduce en el apropiado ángulo de la dirección de la danza con respecto a la vertical. Se ha averiguado que esta asociación entre dos distintos campos sensoriales en animales, que tan extraña nos resulta a nosotros, no es en absoluto exclusiva de las abejas. Se han encontrado rudimentos de la misma capacidad en hormigas, así como en una especie de escarabajo.

Un descubrimiento importante conduce con frecuencia a otros. Así, el viejo misterio de cómo los pájaros se orientan se ha acercado mucho a su solución recientemente.

El comportamiento de muchas aves migratorias ha demostrado hace tiempo la existencia de sentidos especiales para la orientación. Con frecuencia, deben atravesarse gigantescas distancias en línea recta, cubriendo desiertos y océanos. Se han transportado aves migratorias en ángulo recto a la dirección de su vuelo migratorio soltándolas a continuación, y estos experimentos han demostrado que al menos los jóvenes más inexpertos siguen realmente un compás definido de dirección, bastante independiente del paisaje que tienen debajo. Se han hecho muchos experimentos en los que las aves eran tomadas de sus nidos y soltadas en cualquier parte para volar sobre territorio desconocido para ellas. Estos experimentos han aportado pruebas adicionales sobre capacidades especiales de orientación. En la mayoría de los casos, entre la mitad y las tres cuartas partes de las aves desplazadas encontraron el camino para volver a casa, algunas de ellas relativamente pronto, incluso en distancias tan grandes como varios cientos de millas.

En sí mismo, esto no demostraría una capacidad para volverse a casa de una manera orientada; incluso si los pájaros liberados fueran a buscar alrededor sin rumbo fijo, hay posibilidad de que unos cuantos podrían de algún modo llegar a territorio familiar y así encontrar el camino. Es necesario saber *cómo* vuelan a casa los pájaros, y para ello es preciso seguirlos en su vuelo. Esto se ha hecho de dos maneras diferentes. Primero, por observación desde un aparato de vuelo lento, como un helicóptero. Los resultados iniciales parecieron indicar solamente una búsqueda al azar en todas direcciones. Pero las especies de aves seleccionadas no eran realmente adecuadas para la experimentación, porque eran típicos deslizadores, esto es, aves que confían en las corrientes de aire ascendentes al empezar el vuelo. Este

factor puede haber influido considerablemente en la dirección inicial de su vuelo.

Se obtuvieron resultados muy diferentes observando desde un aparato palomas mensajeras soltadas en territorio extraño. Estas aves volaron a casa en línea recta. Dos investigadores, Kramer en Alemania y Matthews en Inglaterra, han hecho experimentos con palomas mensajeras que han aportado pruebas concluyentes sobre los efectos del transporte lejos de casa. Las condiciones bajo las que se llevaron a cabo los experimentos eran estrictamente controladas. Se utilizaron binoculares para observar tan lejos como fuera posible la dirección en la que las palomas empezaban a viajar después de haber sido abandonadas en un punto no familiar. Varios hechos importantes quedaron claros a partir de estos experimentos.

En primer lugar, se demostró que las palomas transportadas eran capaces de volver a su punto de origen en línea recta desde un territorio no familiar. Esto resultó ser así incluso cuando las aves no habían hecho entrenamiento en vuelo a larga distancia. En segundo lugar, se halló que la dirección correcta se elegía inmediatamente después de la suelta, las aves no salían volando en círculos, y por tanto no tenían oportunidad de tomar su dirección desde ninguna altura. Finalmente, se transportaron las palomas perpendicularmente a la línea de vuelo a lo largo de la que se les había enseñado a volver a casa desde un punto definido del compás, y se liberaron. La mayoría eligieron su habitual dirección de compás a partir del punto de liberación. Estas aves no llegaron a casa, o llegaron solamente tras un largo rodeo. Pero algunas aves eligieron la dirección correcta de vuelta inmediatamente después de ser soltadas. A partir de este experimento puede suponerse que hay dos tipos diferentes de mecanismos actuando en el sistema de orientación de estos pájaros. Uno es la tendencia y la capacidad de seguir una cierta dirección de compás, el otro es la capacidad de determinar la posición de su base a partir de cualquier punto elegido al azar, para cuya tarea sería inadecuado un compás.

El primero está basado en el uso del sol como punto de referencia. Los experimentos de Kramer en el entrenamiento de estorninos, palomas mensajeras y otras aves han mostrado que tienen una capacidad innata para el cálculo exacto de los movimientos del sol durante el día, puesto que toman su posición a partir del sol. Parecería que tienen un reloj interno, como las abejas y otros animales.

La segunda facultad de la paloma mensajera, la de averiguar su camino a casa en línea recta a partir de un punto arbitrario, permanece como un misterio. Podría explicarse teóricamente sobre la base de la observación del sol únicamente, esto es, suponiendo que el ave observa no solamente la posición del sol, sino también su curso. Si esta hipótesis es correcta, aún es motivo de discusión.

Tanto las abejas como los pájaros son criaturas con muy buena vista. Los animales cuyo sentido de la vista es malo o limitado en el uso poseen otras facultades sensoriales compensatorias. Un ejemplo es la capacidad de peces y murciélagos para detectar objetos a distancia por medios mecánicos. Los peces son capaces de percibir objetos en movimiento —presas o predadores que se acercan— a cierta distancia sin contacto táctil. Los receptores de movimientos lejanos están situados a lo largo de la línea lateral, un sistema de órganos del tacto especiales de la piel externa de los vertebrados acuáticos. Estos receptores son capaces de detectar los menores movimientos del agua que acompañan a cualquier objeto submarino en su desplazamiento.

Hace algunos años, un zoólogo inglés hizo la interesante observación de que ciertos peces tropicales emitían continuamente débiles impulsos eléctricos. De esta manera creaban un campo eléctrico a su alrededor. Cualquier perturbación de ese campo sería fielmente sentida por el pez: por ejemplo, la presencia de una posible presa, cuyo cuerpo conduce la electricidad mucho mejor que el agua en la que vive. Esta percepción eléctrica a distancia ayuda a la localización y captura de la presa. Cuando este pez vive en las cercanías de establecimientos humanos, pueden caer con frecuencia en su estómago objetos de metal de todo tipo: han sido tragados por error, confundidos con una presa, ya que son también conductores de la electricidad.

Los murciélagos son igualmente capaces de percibir objetos a distancia sin poder verlos. El hecho de que estas criaturas no confíen en sus ojos para evitar los obstáculos de su trayectoria de vuelo se conoce desde 1793, fecha del descubrimiento de Spallanzani. Pero pasó algún tiempo antes de que averiguásemos qué órganos de los sentidos habían sustituido al ojo. Actualmente sabemos que, al contrario del pez, los murciélagos no utilizan un sentido del tacto muy desarrollado, sino que perciben los objetos por sus oídos. Mientras andan o vuelan emiten señales sonoras que se proyectan hacia adelante, y reconocen los objetos por el eco reflejado de estas señales. De este modo, los murciéla-

gos en vuelo no solamente pueden percibir los obstáculos en su camino, sino también localizar a su presa (insectos voladores nocturnos).

El sonido que los murciélagos emiten para orientarse está compuesto de impulsos muy breves de alta frecuencia. La elevada frecuencia (cerca de cincuenta mil ciclos por segundo) es ventajosa, porque los sonidos de alta frecuencia se asocian a corta longitud de onda. La longitud de onda del sonido de un murciélago es de unos 7 mm. Gracias a ello, incluso los menores y más estrechos objetos reflejan claramente los sonidos de orientación transmitidos. Con tonos más bajos y longitudes de onda mayores esto no ocurriría. Se ha comprobado experimentalmente que los murciélagos pueden percibir un cordón de menos de 1 mm de diámetro. Las estructuras más finas no son capaces de reflejar los sonidos emitidos por los murciélagos, un trozo de algodón, por ejemplo, no será percibido. Esto es precisamente lo que inspira el miedo que las mujeres tienen a que los murciélagos puedan caer en su cabello, lo que sería al menos tan perturbador para el murciélago como para la mujer: el murciélago es incapaz de sentir el cabello, y repentinamente se encontraría cogido en una red. Naturalmente, tratará de liberarse lo más rápidamente posible, pero debe advertirse a cualquier mujer que no trate de coger a la pequeña criatura aterrorizada, o de lo contrario sentirá sus afilados dientes. No es que el murciélago sea una criatura malévola, sino que en un estado de pánico se defenderá frente a un supuesto enemigo. Por su parte, el pelo lanudo de la polilla (la más importante presa del murciélago) ofrece protección frente a su mortal enemigo, absorbiendo los impulsos sonoros.

Mientras que la mayoría de los murciélagos europeos transmiten sus sonidos de orientación por medio de la boca, hay dos especies que difieren en este aspecto. El murciélago herradura transmite el sonido por medio de la nariz. Estas especies son mucho más sensibles que los otros murciélagos, que solamente pueden percibir objetos bastante grandes, como una pared de una habitación, a la distancia de cerca de una yarda. El murciélago herradura escucha objetos hasta una distancia de seis o siete yardas. El llamado zorro volador tropical o murciélago de la fruta, cuyo sentido de la orientación ha sido investigado por el zoólogo alemán Moehres, no se alimenta de insectos, sino de fruta. Se ha averiguado que las grandes especies dependen totalmente de sus bien desarrollados ojos: no emiten sonidos y en la oscuridad absoluta no pueden evitar los obstáculos. Por otra parte, los

pequeños murciélagos de la fruta, además de un muy buen sentido de la vista, poseen también el aparato de eco. En su caso, el sonido se transmite a través de la nariz, como en el murciélago herradura.

LÍMITES OPERACIONALES DE LOS ÓRGANOS DE LOS SENTIDOS DE LOS ANIMALES

HANSJOCHEM AUTRUM

Los órganos de los sentidos son las puertas de la percepción a través de las que aprendemos acerca de nuestro entorno y de lo que hay en él. Examinamos el mundo de nuestro alrededor tomando muestras de él por medio de nuestros órganos de los sentidos. A través de la nariz percibimos trazas de substancias olorosas, con los ojos una pequeña parte de la luz que llega del sol o de las fuentes artificiales y de las superficies reflectantes, mientras que nuestros oídos toman parte de la energía producida por las ondas sonoras que fluyen a nuestro alrededor en el espacio.

Cuanto menor sea la cantidad que basta para producir una respuesta en los órganos sensoriales, más sensible es el órgano en cuestión, y por tanto más precisa será la información que nos dé sobre la naturaleza de nuestro entorno. ¿Cuál es la sensibilidad de los más desarrollados órganos de los sentidos animales y humanos, y qué es lo que pueden lograr?

Empecemos por el ojo. ¿Desde qué distancia podemos ver la luz de una linterna de pilas en la oscuridad? Debemos disponer de algunos controles para poder estar seguros de determinar la máxima distancia posible. La noche tendrá que ser muy negra, ninguna fuente extraña de luz debe deslumbrarnos ni distraernos, y tendremos que acostumbrar los ojos a la oscuridad durante algún tiempo antes, digamos media hora, para que alcancen su mayor grado de sensibilidad. Si es posible realizar el experimento en estas condiciones, entonces veremos la bombilla, aunque sólo lo justo, desde una distancia de unas seiscientas millas.

A partir del brillo de la linterna, su distancia al ojo y el tamaño de las pupilas a través de las que ha pasado la luz, podemos calcular cuál es la mínima luz que necesita el ojo para poder

dar simplemente la información «luz». El cálculo muestra que en el umbral de visión el ojo necesita una energía luminosa de $5 \cdot 10^{-17}$ watios.

Todo el mundo debe estar familiarizado con la palabra «watio». Todos conocemos las bombillas de cuarenta watios, que no son muy brillantes; la superficie proporcionada por cinco watios es aproximadamente un octavo de la de una bombilla de cuarenta watios. ¿Y $5 \cdot 10^{-17}$ watios, es decir, cinco watios dividido por un uno seguido de diecisiete ceros? Una pequeña cantidad de luz que considero imposible de ver como el lector. Por tanto voy a traducir esta medida en algo un poco más comprensible. Si conecto una estufa eléctrica que consume un kw y la dejo durante una hora, entonces habré utilizado un kw (kw-hora), que cuesta, digamos, 11 pfennigs. Puedo encender una pequeña bombilla que solamente gaste un watio durante mil horas por el mismo dinero, ya que hay mil watios en un kw. ¿Durante cuánto tiempo debe absorber el ojo la menor cantidad de luz que puede ser percibida —$5 \cdot 10^{-17}$ watios— para que el coste de la luz consumida fuese similar a los 11 pfennigs? Un simple cálculo muestra que son necesarios dos millones de veces mil millones de años. ¿Cuánto tiempo es éste? Los físicos piensan que el cosmos —no sólo la Tierra— ha existido durante dos mil millones de años solamente. Por tanto, un ojo que desde el principio del mundo haya utilizado continuamente la cantidad umbral de energía luminosa, habrá recibido por estas fechas energía por valor de 1/100.000 pfennigs únicamente.

De ninguna manera todos los órganos de los sentidos animales y humanos que se han investigado están desarrollados hasta un grado de sensibilidad tan grande como el del ojo humano, pero en los más sensibles de ellos, por ejemplo, el oído humano y el del gran saltamontes verde, el umbral de percepción del sonido es realmente muy bajo. Hay otro órgano sensorial igualmente sensible en insectos para registrar vibraciones.

Este órgano es muy interesante por muchas razones. Ante todo, muchos insectos son unas diez mil veces más sensibles a las vibraciones y golpes que el oído humano. También es asombrosa la pequeña escala de vibraciones que pueden percibir muchos insectos. Puede percibirse un movimiento de media cienmillonésima de milímetro. Intentemos hacer comprensible este tamaño. El radio de un átomo de hidrógeno es veinticinco veces tan grande como la más pequeña vibración que puede percibir un saltamontes. O multipliquemos todas las dimensiones un millón de veces. Un ser humano tendría entonces ciento seis mil millas de alto, lo que significa que llegaría a la mitad del camino hasta la Luna. Nuestro saltamontes de dos pulgadas tendría dos mil quinientas millas de largo, lo que significa que llegaría desde el cabo Norte hasta Sicilia. ¡Su umbral mínimo de percepción de vibración sería solamente de medio milímetro! Con estas imágenes comparativas en la cabeza, es comprensible que un grillo deje de cantar tan pronto como uno intenta acercarse a él, por cuidadosamente que lo haga. El insecto percibe las pisadas más cuidadosas desde lejos y retrocede a su agujero del suelo.

Si se reducen las medidas de luz, sonido y vibración de energía a un denominador común (que físicamente es posible), se encuentra que los picos de actuación de los diferentes órganos de los sentidos son aproximadamente del mismo orden de magnitud.

Las cifras anteriores son tan asombrosamente pequeñas que bien puede preguntarse si representan los límites de la actuación posible, o si puede haber órganos sensoriales con un mayor grado de sensibilidad. Una comparación con el tipo de aparato más sensible utilizado en física muestra ante todo que, en términos generales, no pueden sobrepasarse los logros de los órganos sensoriales de los animales. Uno de los detectores físicos más sensibles a las ondas es un buen receptor de radio, que responde a ondas electromagnéticas con una energía de unos 10^{-17} watios. Es decir, es tan sensible como el ojo humano a la luz o el oído humano a las ondas sonoras, o los órganos especiales de los insectos a las vibraciones.

Aquí hay un límite absoluto, no solamente para los instrumentos que se usan para medir cantidades físicas, sino también para los órganos sensoriales. Sabemos que un receptor de radio realmente bueno y muy sensible hace un débil ruido. Es particularmente necesario para lograr buenas transmisiones de sonido de las frecuencias más elevadas; entonces el ruido no puede eliminarse: es parte de la naturaleza del conjunto. Los campos electromagnéticos del transmisor afectan al receptor de ondas pulsando los electrones móviles del aire hacia adelante y hacia atrás. Por otra parte, los electrones mismos poseen, por su propia naturaleza, cierta volatilidad, por lo que suele haber de modo puramente incidental una cantidad mayor o menor de ellos a la entrada del receptor. Estos movimientos autónomos de los electrones, que son independientes del transmisor, se expresan por medio de ruidos crepitantes. Exactamente el mismo fenómeno ocurre en el oído. La percepción del sonido significa que las

variaciones periódicas de la presión del aire se están recibiendo. La presión del aire mismo está producida por las moléculas que lo forman, que chocan constantemente contra las superficies cercanas, realizando continuos movimientos de danza. Como resultado, también golpean el tímpano, y es propio de la naturaleza de la presión del aire el que a veces más y a veces menos moléculas colisionen con la membrana del oído. Esta fluctuación inevitable en el número de moléculas que chocan crea pequeñas fluctuaciones de presión en el tímpano. El oído las percibiría como un constante crepitar con que sólo fuese un poco más sensible de lo que es realmente. No sería nada ventajoso un oído más sensible; ya logra todo lo que es físicamente posible. El ojo tiene también un límite absoluto a su sensibilidad. La luz consiste en realidad en relámpagos de luz únicos, muy pequeños: la sucesión elemental de los cuantos de luz. Los físicos han demostrado que estas unidades no pueden reducirse de tamaño de ninguna manera: de una fuente de luz no puede salir menos de un cuanto de luz, y aún menos podría ser absorbido por el ojo. Estos cuantos de luz indivisibles son muy pequeños. Serían necesarios cuarenta o cincuenta de ellos para estimular el ojo del hombre o de un animal. Ello corresponde a la antes mencionada energía luminosa de $5 \cdot 10^{-17}$ watios. Pero no todos los cuantos que llegan al ojo alcanzan los receptores visuales de la retina en el fondo del ojo. Cierta proporción será reflejada por la córnea, otra será absorbida en las lentes o en el medio viscoso del ojo; solamente de diez a treinta alcanzan las células visuales. Estos diez a treinta cuantos no caen en una sola célula, sino que se distribuyen por un área de unas cien células aproximadamente. Por tanto, cada célula recibe probablemente sólo un cuanto; y por tanto, responde a la mínima cantidad físicamente posible de energía luminosa. Un cuanto es suficiente para evocar un estímulo. La célula visual individual no puede, en consecuencia, ser más sensible de lo que ya es, por razones exclusivamente físicas. Las capacidades de nuestros órganos de los sentidos son realmente casi increíbles.

Puede argüirse que, si las células visuales son realmente tan sensibles, deberíamos de poder ver todas las estrellas, hasta las más débiles, porque incluso éstas no pueden transmitir a nuestros ojos menos de un cuanto de energía luminosa, y las células visuales, como hemos visto, reaccionan a la absorción de un cuanto de luz. Y, sin embargo, solamente vemos las estrellas cuando tienen un grado definido de brillo; esto es, cuando transmiten a nuestros ojos un número fijo de cuantos dentro de un cierto tiempo. Hay varios factores que explican esta aparente contradicción. Uno de ellos es que, mientras por una parte las células visuales individualmente consideradas son tan sensibles como es posible, y son por tanto estimuladas por un solo cuanto, por otra parte *nuestro sistema nervioso en conjunto* permite la sensación de luz solamente cuando, dentro de un período de tiempo muy limitado, son transmitidos varios impulsos (de dos a cinco) al sistema nervioso central por la misma célula o las células cercanas. Esta disposición puede considerarse como una medida de seguridad. Con un único proceso físico tal como la absorción de un cuanto en la púrpura visual, nunca se podría estar seguro de que no se debe a un accidente, es decir, a algún otro proceso diferente de un impacto de luz. El organismo se autoprotege frente a esta impredictibilidad de un solo proceso físico elemental, que puede sobrevenir espontáneamente sin ninguna causa externa, transmitiendo una señal a un centro superior solamente cuando se recibe un segundo impulso del mismo tipo no demasiado separado del primero.

Si nos preguntamos cuáles son los límites de la capacidad de los órganos de los sentidos de los animales, y en particular cuál es la menor cantidad de energía estimulante que puede percibirse, podemos decir lo siguiente: muchos órganos de los sentidos, no solamente los humanos, son tan sensibles como es físicamente posible. Los límites de su capacidad se deben en primer lugar a la existencia de unidades mínimas de energía, los cuantos; en segundo lugar, acaba donde la percepción puede moverse dentro del campo del azar y la incertidumbre, debido a la existencia de fluctuaciones estadísticas.

Finalmente, consideremos una limitación totalmente distinta de las capacidades de los órganos de los sentidos: la natural inercia de todos los instrumentos de medida y de todos los órganos sensoriales. Si las fases de luz, oscuridad y luz se siguen una a otra demasiado rápidamente, entonces no vemos la oscuridad entre dos fases de luz. El cine hace uso de este fenómeno: si se proyecta en un segundo un número suficiente de fotogramas, el film deja de fluctuar. El hombre puede percibir como fluctuación hasta unos veinte a treinta de estos flashes por segundo. Si hay más, la inercia del ojo evitará la discriminación entre luz y oscuridad. Sin embargo, algunos insectos tienen una capacidad mucho más alta que el hombre para diferenciar entre estímulos luminosos que se suceden rápidamente: las abejas y abejorros,

libélulas y moscas caseras, todos ellos voladores rápidos, perciben doscientos cincuenta impulsos de luz por segundo —en circunstancias favorables, trescientos o más— como fluctuantes.

Si se instalase un espectáculo cinematográfico para las abejas, habría que proyectar al menos diez veces más imágenes que para el hombre, es decir, doscientas cincuenta o más por segundo, en vez de las treinta y cuatro normales en el cine. ¿Cuál es el sentido de esta asombrosa velocidad de percepción? Si se evalúa la agudeza visual de la abeja (esto es, la capacidad para discernir entre objetos adyacentes) partiendo de la estructura anatómica de sus ojos, resulta que la abeja ve extraordinariamente mal: tiene como mucho una ochentaava parte de la agudeza visual humana. Pese a esto, encuentran rápidamente el camino de vuelta a casa en sus alrededores. No ven los objetos que las rodean cuando están quietas, como hace el hombre; sino que los reconocen cuando están volando. Para el ojo humano, que es demasiado insensible a los estímulos separados que se siguen uno a otro en rápida sucesión, los movimientos rápidos enturbian nuestros alrededores, por ejemplo, cuando pasamos cerca de las casas o los árboles al viajar en tren. En los insectos voladores, ocurre lo contrario: sus ojos reciben diez veces las impresiones que recibimos nosotros en el mismo espacio de tiempo. Ellos solamente ven bien cuando se están moviendo ante un objeto a la velocidad suficiente.

Nuestros ojos ven bien cuando están quietos, pero son lentos en responder. Los ojos de una abeja ven mal cuando están quietos, pero responden muy rápidamente. De este modo, los límites impuestos por la estructura están compensados por otros medios producidos por la inventiva de la naturaleza, por lo que, de una manera general, pueden lograrse de diferentes maneras unas *performances* relativamente altas.

LOS FISIÓLOGOS Y SUS ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN

ERICH VON HOLST

Por extraño que parezca, incluso hoy día los científicos pueden andar despistados en cuanto al significado real del término fisiología. La bonita frase de que es «el estudio de la vida» es una opinión, mientras que la cínica observación de que es «el estudio de las ranas muertas» representa el otro extremo en una serie de posibles definiciones. Sea lo que sea lo que uno concluya, puede establecerse con certeza que los fisiólogos siempre tratan con criaturas vivientes, esto es, aquellas que por lo menos estaban vivas *antes* de empezar su estudio. Ya que está en la naturaleza de la investigación de los procesos ocultos de la vida el que a menudo es imposible avanzar sino es a través de una operación quirúrgica, o alguna otra intervención que alterará el normal equilibrio funcional. Tal investigación conduce por una parte a aumentar el conocimiento, pero también convierte un animal sano en uno enfermo, y con no menos frecuencia resulta un cadáver.

¿Cómo debe el investigador comportarse con respecto a su trabajo? ¿De qué métodos dispone? ¿Hasta dónde debe llegar, conociendo el hecho de que hay una gran diferencia entre trabajar con organismos vivos y con estructuras sin vida, al tratar de entender sus mecanismos internos? Son cuestiones que no sólo afectan al intelecto, sino inevitablemente también a las emociones. Donde quiera que veamos criaturas vivas, llegamos a saber de sus sentimientos de dolor y alegría, y nos vemos estimulados a participar en ellos. Por supuesto, esto ocurre en grado muy variable dependiendo del tipo de criatura que estemos contemplando, porque estamos inclinados a ver cualquier criatura viviente como «viva» en *un mayor o menor grado.* Para los obser-

vadores más corrientes, un caracol parece estar menos «vivo» que un lagarto, y una lombriz menos que una abeja. Y, generalmente, los observadores se impresionan menos cuando ven una rana muerta por un coche que cuando ven a un pájaro cantor alejarse. De acuerdo con esto, nos conmovemos más a la vista de los animales de sangre caliente que están estrechamente relacionados con nosotros: las aves y los mamíferos.

Las diferencias en la actitud del hombre hacia los animales dependen aún más del observador que del animal observado. Hay, en cualquier parte, hombres para quienes los animales son como mucho un material a utilizar. La actitud de naciones enteras hacia los animales puede variar enormemente, incluso dentro de Europa. Todavía recuerdo la depresión que sentí cuando estaba como invitado hace veinte años en un instituto extranjero: descubrí un día en una pila de desechos varios conejos abandonados que todavía estaban vivos. Tenían la uretra atada, por lo que yacían retorciéndose en los últimos ataques del lento avance del autoenvenenamiento. En aquel país determinado, probablemente se habría protestado en vano contra la innecesaria crueldad hacia los animales. En Alemania, semejante barbaridad apenas (espero) sería posible; todavía menos en Inglaterra o en Holanda. Al menos, sería denunciada por todos los científicos, y la afrenta sería punible.

Pero volvamos al punto de partida de nuestras reflexiones. ¿Qué debe hacer realmente el fisiólogo con sus animales de experimentación? La respuesta es que hay básicamente dos posibilidades, porque hay dos métodos opuestos de investigar las formas en que la vida funciona. Uno de estos dos métodos se concentra en la comprensión de una única acción. En este método, el estudio será el de *la* contracción de los músculos, *la* transmisión de impulsos por un nervio, *la* secreción de una glándula. Este tipo de fisiología tiene una larga historia y los bloques individuales que reúne para construir su edificio de conocimiento científico suman en realidad algo semejante al «estudio de los animales muertos», porque en todos los casos el animal como un todo ha sido muerto antes que nada, bien por la administración de un anestésico o por algún otro método no doloroso. Del cadáver, el investigador toma el corazón aún palpitante, el nervio que todavía conduce, o el ojo aún sensible a la luz; en cada caso, una parte superviviente del organismo vivo que acaba de ser destruido. El fisiólogo puede, por supuesto, tratar como guste con estos órganos aislados, ya que continuarán funcionando durante algún tiempo. Puede exponerlos a altas y bajas temperaturas, o a compuestos químicos; puede estimularlos eléctricamente, administrarles o privarles de nutrientes, y registrar toda la actividad resultante.

Pero hay un medio muy diferente de investigación de los procesos de la vida: no por reducción de todo a sus componentes menores, sino manteniendo el conjunto intacto tanto como sea posible y experimentando sólo por alteración de las circunstancias externas, observando a continuación el comportamiento general de la criatura. Los experimentos de este tipo suelen llevarse a cabo tan humanamente que el animal de experimentación no sabe que es objeto de un experimento. En este caso el experimento es especialmente elegante y fructífero. Y no es preciso el derramamiento de sangre.

Me gustaría explicar las diferencias básicas entre estos dos métodos de investigación, con la ayuda de un ejemplo. Preguntémonos, por ejemplo, cómo funciona el órgano de equilibrio oculto en el cráneo, el llamado laberinto, y cómo puede investigarse. Un fisiólogo del primer tipo procedería en primer lugar a matar un sujeto adecuado tan humanamente como fuera posible; en este caso podría resultar elegido un pez. Entonces se separaría el laberinto y se colocaría en un aparato especial, donde sobreviviría durante unas cuantas horas. Se harán registros durante este tiempo con la ayuda de complicados aparatos para registrar las respuestas eléctricas a los estímulos de diferentes elementos sensoriales del laberinto cuando está en posición normal, cuando está inclinado y cuando gira. Esto nos dice cómo responde el órgano aislado, pero no podemos saber cómo responde el animal completo, con dicho aparato para registrar movimientos en su cuerpo. No sabemos qué pasa con los mensajes sensoriales que llegan del laberinto, cómo son computados en el sistema nervioso intacto, y qué tipo de comportamiento provoca en el animal.

Aquí es donde llega el fisiólogo del segundo tipo. Desarrollará un elaborado método que permitirá que un pez sano normal demuestre al observador cómo responde como un todo a los cambios de posición. Por ejemplo, el pez puede aclimatarse a una pequeña jaula en un acuario, a través de la cual se bombea el agua en una dirección determinada, de manera que el pez se oriente frente a la corriente como si estuviera en una corriente normal. Muchos peces tienen la costumbre de volverse hacia la luz. De acuerdo con esto, el pez puede ser iluminado a través de una ventana lateral del acuario de modo que, según la intensidad

de la luz, se tumbará de costado con un ángulo mayor o menor. La corriente de agua también puede ser dirigida de forma que, en vez de llegar horizontalmente desde el frente, corra a través de la jaula con un determinado ángulo, desde arriba o desde abajo. Si el pez nada contra la corriente, dirigirá en consecuencia la nariz hacia arriba o hacia abajo. De esta forma el pez adopta diferentes posiciones sin ninguna coacción directa y puede, por tanto, revelar al observador su comportamiento normal. Tales estudios, *junto* a los que realizan los fisiólogos sobre el laberinto aislado, nos darán un cuadro completo de su funcionamiento.

Se verá a partir de este ejemplo que estos dos métodos de investigación fisiológica exigen dos *tipos diferentes* de investigadores. Un «fisiólogo de órganos» deberá dominar las técnicas quirúrgicas, así como idear métodos de utilización de los aparatos disponibles para el registro de las medidas físicas y químicas. Un conocimiento del animal en su hábitat normal será de poco valor para él. Por otra parte, cualquiera que se comprometa en la fisiología del animal completo —le llamaremos un «fisiólogo de sistemas», porque tiene frente a él el sistema completo— debe familiarizarse con su sujeto en su ambiente normal y bajo condiciones naturales, o nunca encontrará técnicas válidas para obtener respuestas precisas, dadas voluntariamente y sin coacción. Realmente, no se puede atar un animal a una mesa, someterlo a ciertos estímulos y esperar que sus respuestas sean normales. Sus mecanismos de defensa y sus intentos de liberarse, así como el miedo y la apatía general, pueden distorsionar los resultados de cualquier investigación.

Muchos fisiólogos han extraído con éxito respuestas de perros confinados; pero tal procedimiento lleva característicamente a la aparición de graves perturbaciones nerviosas. Solamente hay un sujeto de investigación que puede exhibir respuestas fisiológicas razonablemente apropiadas cuando está preso; y es el hombre. Únicamente él puede tener algún conocimiento de la situación y puede, por tanto, someterse voluntariamente a cualquier contrariedad que se le imponga.

Si queremos distinguir a los dos tipos de fisiólogos por su actitud hacia los animales vivos, podremos decir con seguridad que el primero no tiene ninguna actitud especial; solamente aplica la física y la química a la investigación de los órganos «supervivientes» o de sus partes. El organismo *como un todo* aparece solamente más tarde como una construcción conceptual. El otro tipo de fisiólogo debe, por el contrario, ser un conocedor de los

animales, y su conocimiento proviene de las primeras etapas del manejo y familiarización con ellos. De esta manera desarrollan una capacidad que alcanza la perfección sólo en ciertos individuos que tienen el raro talento que podemos llamar «comprender a los animales», igual que se dice de ciertas personas que «comprenden a los caballos».

En consecuencia, es evidente que en la «fisiología de sistemas» los resultados científicos dependen directamente de la intuición del investigador acerca de las necesidades especiales de la vida de las especies animales que son objeto de investigación.

Un interesante resultado que puede alcanzarse de la investigación de «sistemas» es la predictibilidad del comportamiento. Quienquiera que pueda «interpretar» a otras personas tan acertadamente que, poniéndose en su lugar, pueda predecir qué es lo que van a hacer y adaptarse a ello, se dice que es «un buen conocedor de la naturaleza humana». El conocedor de los animales es una persona así, cuya «comprensión de los animales» le dice qué es lo que su sujeto siente y, en consecuencia, cómo va a reaccionar. Pero ¿por qué debe ser tan importante esta facultad? Los científicos relacionados con los procesos de la vida han demostrado repetidamente su inmensa complejidad dentro de los organismos vivos, de manera que escasamente pueden aprehenderla en su integridad. Por esta razón, algunos fisiólogos concluyen que el único medio es aislar los múltiples componentes funcionales y explorar cada uno separadamente: en resumen, seguir el camino de la «fisiología de órganos». Ante semejante tesis, la «fisiología de sistemas» no tiene mucho futuro. Debe demostrar que, por medio de sus métodos especializados, puede producir resultados precisos, incluso sin un conocimiento de todos los componentes individuales. En ciencia, esto significa nada menos que la capacidad de hacer *predicciones* en situaciones dadas, tales como qué tipo de comportamiento debe esperarse.

Desgraciadamente, me encuentro en desventaja respecto a los expertos en esta especialidad del estudio animal, y sin embargo, al menos en una ocasión logré predecir con éxito un fenómeno determinado. Ocurrió hace algunos años durante una reunión académica. Se me había requerido para leer un trabajo experimental sobre las funciones del equilibrio en animales, y había preparado algunos experimentos con peces, tales como el que he descrito arriba, con el pez nadando en pequeñas jaulas contra una corriente de agua. Como había esperado, se objetó que tales experimentos sobre animales libres de moverse, intac-

tos, difícilmente podrán dar resultados precisos: los animales, como los hombres, probablemente actuarán unas veces de un modo, y otras veces de otro. Me ofrecí a probar que esto no era cierto. Pedí a los presentes, uno tras otro, que observasen un pez determinado a través de la ventana de cristal del tanque. Lograron ver que el pez nadaba realmente contra la corriente, con el morro apuntando hacia cualquiera que estuviese observando. Yo mantuve que, en cambio, el pez se volvería y presentaría el trasero al caballero que acababa de manifestar sus dudas. Y así ocurrió. Mi explicación de que el caballero usaba gafas, y que mi pez tenía antipatía a las gafas —para ser honesto— no era muy cierta. Un auténtico conocedor de los animales habría deducido la verdad rápidamente. Habría visto que el pez en cuestión pertenecía a una especie en que la postura de mimetismo requiere que la cola apunte directamente hacia cualquier amenaza de peligro. En esta posición, la forma y el colorido del cuerpo del pez dan la impresión de una hoja. Esta vez, el peligro que desencadenó el comportamiento de protección consistió en las gruesas lentes de las gafas con montura de concha del objetor, que provocaban al pez la ilusión de unos enormes ojos observándole. Es una regla general en el mundo animal que los ojos grandes, brillantes, se consideran como un significado de peligro. Era, pues, predecible que el pez volvería la cola hacia el hombre que usase gafas.

En general, con el avance de la ciencia de la fisiología, el dominio de la «fisiología de órganos» desciende en relación con el aumento de la «fisiología de sistemas». Así, el número de científicos que se imponen los más estrictos criterios en el tratamiento de los animales se hace constantemente mayor. Estos criterios son más estrictos que los que pudieran estar incluidos en cualquier ley elaborada para proteger a los animales.

LA RED DE COMUNICACIONES DEL CUERPO HUMANO

HANSJOCHEM AUTRUM

Cuando quiero leer el periódico, lo cojo con la mano. Los músculos de la mano reciben una orden. Se moverán coordinadamente, y yo mismo puedo sentir que se están realizando los movimientos. Entonces los ojos ven la imagen impresa y comunican lo que ven. Una corriente constante de señales y mensajes circula desde los órganos de los sentidos a los centros superiores y desde aquí a los músculos. Solamente somos conscientes de una pequeña parte de estas señales. El cuerpo humano tiene setecientos cincuenta y dos músculos, sin contar los pequeños músculos localizados bajo el vello y que provocan la carne de gallina al contraerse. Todos ellos están conectados a nervios, cuya finalidad es mover los músculos; la mayoría de estos músculos tienen órganos sensoriales que comunican qué es lo que el músculo hace en un determinado momento, con qué fuerza está contraído, a qué tensión está sometido, etcétera.

La red de comunicaciones del cuerpo humano opera, por tanto, a través de cuatro componentes distintos: los órganos sensoriales que emiten señales; los nervios que conducen estas señales; el cerebro, la estación central que emite sus propias órdenes y recibe, interpreta y aprueba los mensajes; y finalmente los músculos que llevan a cabo las órdenes del cerebro. No conocemos todas las propiedades de ninguno de estos órganos. Un proceso que, por ejemplo, sigue completamente oscuro, es el modo en que el cerebro almacena los mensajes recibidos. El cerebro no representa solamente una central de mando; es también un sistema de almacenamiento de nuestras experiencias y, por último, pero no por ello menos importante, de nuestra información heredada.

Voy a describir lo que sabemos sobre la transmisión de mensajes, tomando el ojo como un ejemplo. En la retina del ojo hay células visuales sensibles a la luz, como una emulsión o una placa fotográfica. En realidad, hay semejanzas entre las células visuales y las emulsiones sensibles a la luz, especialmente en el proceso fisicoquímico de la visión. Naturalmente, no hay bromuro de plata en el ojo, pero hay un pigmento, o quizá varios, que es poco resistente a la luz. Esta baja resistencia a la luz es esencial: la luz altera estos pigmentos y su descomposición provoca la señal «luz», que es registrada en las células visuales. En el lenguaje de la tecnología de las comunicaciones podría decirse que sabemos el pulsador que ha sido presionado por la luz cuando produce una señal en el ojo. Pero no sabemos en detalle cómo funciona este pulsador. Sin embargo, estamos muy familiarizados con un proceso que ocurre después: la célula visual responde a la alteración del pigmento con un pequeño impulso eléctrico. La fuerza de esta señal depende del brillo de la luz; pero nunca llega mucho más allá de un milímetro.

¿Cómo llega al cerebro el mensaje de que la luz ha alcanzado el ojo? Las células nerviosas contiguas a las células visuales funcionan con asombrosa simplicidad. Mientras que el alfabeto Morse utiliza dos signos diferentes, puntos y rayas, las células nerviosas visuales de los animales y del hombre utilizan una sola señal: breves impulsos de igual duración, de la misma intensidad, y conducidos a lo largo de la fibra nerviosa a la misma velocidad.

Sin embargo, el contenido de los mensajes transmitidos es muy distinto. Cada una de las características de las imágenes que vemos ha de ser comunicada. Nuestro cerebro sabe que estamos trabajando con luz de un determinado color e intensidad, y que está incidiendo sobre un punto particular de la retina, desde donde las fibras nerviosas conducen las señales del ojo. El brillo de la luz se comunica por la frecuencia de las señales: cuanto más brillante es la luz, más numerosas son las señales (con la luz más débil habrá solamente unas pocas, quizá dos o tres por segundo; la brillante luz del sol provoca descargas desde trescientos a cuatrocientos impulsos por segundo). Una fibra nerviosa no puede conducir más de diez mil impulsos por segundo. En todos los casos los impulsos son exactamente iguales.

Más complicado, y a su manera más notable, es el método del ojo para transmitir las señales de color. El ojo humano puede discernir un increíble número de diferencias de color, probablemente más de medio millón. Hacia 1750, durante su más glorioso periodo, la fábrica de tapices de Gobelin, en París, usaba alrededor de veinte mil hilos de diferentes colores para tejer sus tapices murales. Por el contrario, las modernas técnicas de reproducción del color en libros y películas solamente requieren tres, a lo sumo cuatro, colores, ya que los otros los producen por mezcla. Igualmente, nuestros ojos tienen solamente unos pocos (probablemente sólo tres) tipos de células visuales sensibles al color: un tipo responde más intensamente a la luz roja, el segundo a la luz azul-verdosa, y el tercero a la luz violeta. A partir de las diversas proporciones de estas respuestas a los colores simples, reconstruimos toda la gama de colores que percibimos.

Recientemente se han descubierto detalles más precisos sobre estos procesos a partir de las investigaciones de señales en las células ópticas nerviosas especialmente grandes de ranas y gatos. Se observó, lo que sorprende todavía más, que las células visuales son más numerosas que las fibras nerviosas. Esto significa que la misma fibra debe transmitir diferentes señales de color. Hay que tener presente el hecho de que solamente hay un tipo de señal y que su frecuencia ya está reservada para la transmisión de la intensidad. La solución a este problema de comunicaciones es asombrosa: cada tipo de célula visual sensible al color tiene su propia latencia de transmisión a continuación del impacto de la luz. Primero llegan las señales de las células sensibles al rojo, después las de las sensibles al azul-verdoso, y finalmente las de las sensibles al violeta.

Una analogía nos ayudará a clarificar el proceso. Imagine que está concertando una cita con tres amigos, y usted conviene que la primera persona telefoneará entre diez y once, la segunda entre once y doce, y la última entre doce y una. De este modo, antes de descolgar el auricular, usted sabe quién está al otro lado de la línea. En el caso del ojo el intervalo de tiempo, que es la base de la comunicación entre las células visuales y el cerebro, es mucho más breve: una fracción de una décima de segundo.

Vemos que toda la transmisión de mensajes a través del sistema nervioso siempre opera de la misma manera fundamental: con una única señal consistente en breves impulsos, cada uno de los cuales dura aproximadamente una centésima de segundo.

Todo lo que usted ve, oye, prueba, huele, siente; todas las órdenes conscientemente dadas a los músculos, todos los incontables mensajes de control dados al corazón y al estómago, a las glándulas y vasos sanguíneos, todos ellos utilizan un único códi-

go: el invariable impulso nervioso. Conexiones específicas, frecuencias por segundo y agrupaciones temporales son las claves de la codificación y decodificación de los mensajes.

He explicado cómo las células visuales producen una débil corriente eléctrica cuando la luz incide sobre ellas. Puede preguntarse por qué este potencial no se transmite directamente a través de las fibras nerviosas hasta el cerebro, igual que nosotros conducimos el potencial de nuestras estaciones generadoras de electricidad a las bombillas, etc., por medio de cables. Las fibras nerviosas tienen una resistencia un millón de veces superior a la de los cables eléctricos, de forma que no hay posibilidad de una transferencia directa de potencial. En lugar de ello, es la propia fibra nerviosa la que genera potenciales en todos los puntos: semeja una larga y extremadamente fina cadena de baterías eléctricas individuales. Este prodigio está envuelto en una cubierta no mucho más gruesa de una millonésima de centímetro, compuesta de un magnífico material aislante. El aislamiento es especialmente necesario porque la cubierta, o membrana, es mantenida a un potencial de cerca de una décima de voltio por las fibras nerviosas. Una décima de voltio es mucho para una batería de tales dimensiones: si trasladamos esto a términos que podamos comprender, veremos que ello significa que sobre una distancia de solamente un centímetro, hay un potencial de cien mil voltios. Cuando la cubierta de una fibra nerviosa es expuesta a un potencial externo —por ejemplo, uno que llegue de las células visuales— entonces la cubierta cambia, perdiendo su capacidad aislante en la región de la célula visual. Habrá entonces un pequeño cortocircuito en la batería adyacente, después en la siguiente, y así sucesivamente, y de esta manera una onda de cortocircuitos corre a lo largo de toda la serie de baterías de la fibra, a una velocidad de aproximadamente cien metros por segundo. Inmediatamente después, las fibras nerviosas reconstruyen su cubierta y recargan sus baterías eléctricas. El cortocircuito y la recarga ocupan alrededor de una milésima de segundo: la fibra está entonces lista para conducir un nuevo impulso. Como hemos visto, cada fibra nerviosa tiene la capacidad de conducir hasta diez mil impulsos por segundo.

Ya sabemos cómo se generan las señales en el ojo y se conducen a lo largo del nervio óptico. El resto de los órganos de los sentidos funcionan de manera similar. Pero ¿cómo, por ejemplo, se originan las señales que el sistema nervioso central envía a los músculos? Alguna vez se pensó que el organismo vivo podía entenderse como un tipo de máquina, ser comparado con una central telefónica que simplemente pasa mensajes que han sido recibidos de cualquier parte. Ciertamente, un proceso tan simple como un mensaje que llega y una respuesta que le sigue inmediatamente después existe en el cuerpo humano. Si golpeo el tendón de debajo de la rodilla con el borde de la mano o con un martillo ligero, el pie saldrá disparado hacia adelante: el golpe empuja al tendón, el órgano sensorial comunica esto al sistema nervioso central, el mensaje es inmediatamente transmitido al músculo de la pierna y el músculo de la pierna se mueve. Pero las circunstancias raramente son tan simples. Por el contrario, sabemos que el sistema nervioso central no es simplemente una central de transmisión, y todavía menos una máquina que da cigarros cuando se coloca la moneda en la ranura. El sistema nervioso central produce impulsos todo el tiempo; está perpetuamente activo y vigilante. Una porción de estas señales son transmitidas directamente a los receptores —por ejemplo, a los músculos o a otros centros— manteniéndolos en permanente estado de alerta. Si, entonces, una señal única llega del exterior del cuerpo, la constante corriente de impulsos puede ser modificada, reforzada o disminuida. Hay también complicadas secuencias de señales, comparables a instrucciones selladas, construidas dentro de nuestro sistema nervioso central, latentes, pero siempre a punto. Estas secuencias solamente pueden funcionar cuando el sello es roto por una señal, o lo que los psicólogos llaman un «estímulo llave». Esto pertenece a la esfera de las pautas instintivas de comportamiento. Un simple ejemplo es la ingestión de un trozo de alimento: una vez que el alimento está lo suficientemente alejado de la boca, el sistema nervioso central es notificado, y la secuencia motora de ingestión entra en funcionamiento automáticamente sin ninguna participación consciente.

PROTOTIPOS DE SISTEMAS DE COMUNICACIÓN HUMANOS EN ANIMALES

OTTO KOEHLER

Una función primaria del lenguaje es la comunicación. Dondequiera que animales de la misma especie intenten hacer algo juntos —cazar, aparearse, cuidar a la prole—, cada uno de ellos tiene que comunicar algo a los otros, lo que hacen por medio de pautas motoras instintivas, posturas o sonidos que se conocen como «liberadores». Los animales exhiben estas pautas de comportamiento solamente en el momento adecuado. Pero una acción realizada por un animal puede extender contagiosamente el correspondiente «estado de ánimo», es decir, la motivación para el comportamiento en cuestión, a los otros miembros de la especie.[1] Para poner un ejemplo humano, si un alumno bosteza, no tardará en bostezar el resto de la clase. Es tan difícil probar como negar que, al menos los animales superiores, experimentan emociones subjetivas como parte de un «estado de ánimo», tal como la furia de la pelea, la disposición al vuelo ligada con el miedo, el deseo de formar pareja, hambre y sed, placer en las reuniones, la incitación al juego, la búsqueda del *status,* etc.

Que estos liberadores están destinados a la comunicación es comprendido inmediatamente por todos los miembros de la misma especie, aunque sean inexpertos. Los mecanismos liberadores innatos (IRMs) se adaptan a los liberadores como una llave se adapta a una cerradura. Lo que ya han filtrado los sentidos, es filtrado de nuevo por los mecanismos liberadores según el estado de ánimo: el animal hambriento solamente buscará comida: el

1. En los que la necesidad puede estar inicialmente ausente: por ejemplo, un animal puede estar comiendo y así estimular a otros a comer aunque no parezcan estar hambrientos.

sexualmente excitado, una pareja; el cansado, un sitio para descansar. Que estos mecanismos de llave y cerradura funcionan juntos puede demostrarse por medio de experimentos en los que a animales jóvenes, que han crecido aislados y no tienen experiencia importante, se les ofrecen modelos artificiales en vez de los estímulos que actúan normalmente como liberadores. Peters y sus alumnos criaron huevos de pez de las especies *Tilapsia mossambica* o *milotica,* que habían sido recogidos de la boca de la hembra. Estos jóvenes peces se cultivaron aislados, lejos de sus madres, y no tuvieron contacto con miembros adultos de sus especies. Si un globo de color apropiado y con un diámetro ligeramente menor que el de la longitud del pez adulto flotaba suavemente cerca de ellos, los jóvenes peces inexpertos intentaban acompañar al globo, nadando con frecuencia perpendicularmente hacia él y tocándole. Si el globo tenía una abertura del tamaño de una boca, intentaban nadar al interior.

Tilapia tholloni no lleva los huevos en la boca, sino que los fija al suelo, donde los jóvenes recién nacidos se fijan a sí mismos por medio de las glándulas adhesivas de la cabeza. La cría del pez que incuba en el substrato también acompañó al modelo, pero no lo tocó ni miró la abertura excavada.

En *Tilapia macrocephala,* es el macho el que coge los huevos con la boca; pero cuando las larvas han crecido no son engañadas, y nadan sin guía en enjambres, como hacen las de *tholloni.* Esta última especie pone el mayor número de huevos, pero son los más pequeños y más pobres en albúmina; las pequeñas larvas son las que antes consumen su saco de yema. Los huevos de *macrocephala,* en cambio, son los mayores con mucha diferencia. Tardan veinte días (en lugar de diez) en acabar con la albúmina, y solamente ponen veinte huevos.

Las dos especies cuyas madres crían en la boca son aproximadamente intermedias con respecto a las características antes mencionadas. Los jóvenes de *tholloni,* los primeros en nadar libremente, fueron también los primeros en acompañar al modelo en los experimentos de Peters; los jóvenes de las dos especies con madres que crían en la boca hacían esto hasta una etapa posterior. *Macrocephala* no nadaba con el modelo, igual que no acompañaba a su padre, que cría en la boca. Pero cuando Brestowski drenó algo de yema de estos huevos, se desarrollaron notablemente rápido, y a su «edad» artificialmente avanzada nadaron tras el globo e incluso trataron de entrar. Aunque en su vida natural nunca hacen esto, de algún modo habían heredado

una capacidad que normalmente no manifestaban. Ellos «pasaban dormidos» la fase durante la que debían de acompañar al padre mientras estaban constreñidos por la yema.

Todas estas pautas de comportamiento han sido estudiadas cuantitativamente. De los dieciséis posibles cruces entre las cuatro especies de *Tilapa,* siete fueron fértiles. Todas las diferencias arriba mencionadas se heredaron en forma intermedia, aparentemente a través de interacción de varias parejas de genes. Aquí tenemos la evidencia experimental de que un mecanismo liberador innato puede heredarse. La hipótesis era que los que crían en la boca derivan de los que crían en el substrato, lo que está apoyado por muchos indicios, sobre todo por el hecho de que las larvas de las tres especies que crían en la boca muestran glándulas de fijación rudimentarias, no funcionales, exactamente en el mismo sitio que las que crían en el substrato. Este tipo de comportamiento, que exhibe una seguridad sonámbula en situaciones que se experimentan por vez primera, se ha venido denominando «la sabiduría de las especies». Está basada en el carácter innato de las pautas instintivas de comportamiento, con sus mecanismos liberadores correspondientes. Hay una capacidad innata para la comunicación en todos los miembros de una especie, junto con la comprensión del significado de los mecanismos liberadores. Esta comprensión innata no tiene nada que ver con la inteligencia. Todos los rasgos innatos son autoevidentes y no tienen nada que ver con su realización.

Los modelos motores de comunicación en el hombre son también innatos; por ejemplo, gritar, llorar, sonreír y reír en los bebés. Mucha gente, incluso especialistas en niños, acostumbran a no creer esto, insistiendo en que es la madre amante la que enseña a su hijo a sonreír. Pero incluso los sietemesinos (prematuros) que nunca han visto a sus madres, han sonreído en las incubadoras, primero con un lado de la cara y después simétricamente, exactamente igual que los nacidos en el período normal. Incluso un embrión de no más de cuatro meses sonrió unilateralmente cuando se le tocó en la mejilla. Los niños que nacen ciegos también sonríen igual a la misma edad que los niños normales, esto es, a los ocho meses de edad; los niños ciegos también mueven las manos de un lado a otro dentro de lo que sería su campo de visión, y como los niños normales siguen los movimientos de las manos con movimiento en redondo de sus ojos ciegos. No mueven los ojos mecánica y continuamente, sino que siguen los movimientos de las manos tan pronto como las mue-

ven, igual que si pudieran verlas. El observador atento de un niño normal probablemente piense que cuando no hace nada con las manos, el niño ha dejado de practicar el control visual de la manipulación, de modo que más tarde será capaz de enhebrar agujas y manejar maquinarias delicadas. Pero la conducta idéntica de un niño ciego revela que las condiciones previas decisivas para la coordinación del ojo y los movimientos de manipulación son totalmente innatos. El bebé que sonríe nos hace gracia, su bienestar se nos comunica inequívocamente. Pero cuando el niño llora tenemos que decidir qué es lo que le pasa. ¿Pueden los liberadores de los animales comunicar en la práctica sólo estados de «ánimo», o pueden comunicar también la experiencia individual que podría ser útil a los demás? En un caso por lo menos la respuesta es afirmativa.

Es innato en la abeja danzar cuando vuelve a la colmena desde una buena fuente de alimento. Este liberador estimula a los otros miembros de la colmena a la recolección. Además, la danza dice, primero, cuando está disponible el alimento; en segundo lugar, a qué distancia está; en tercer lugar, en qué dirección está desde la colmena; y cuarto, en qué consiste. En su primera participación en una danza de «recolección», incluso una abeja que nunca haya recolectado entiende el significado preciso de la danza. Aún más informativas son las danzas ejecutadas cuando las abejas forman enjambre, en las que cada abeja exploradora demuestra con sus danzas de conducción hacia dónde quiere llevar el enjambre. Cuanto más favorable es el lugar que ha encontrado, más insistentemente lo «alaba», más viva y larga será su danza. De esta manera atrae más y más ayudantes en la danza, que finalmente vuelan al punto, inspeccionan la fuente de alimento y, si parece mejor que ninguna otra de las ofrecidas, celebran su particular «party». La votación es verdaderamente democrática, y como resultado se acuerda el mejor de todos los sitios propuestos. Karl von Frisch nos ha proporcionado con la información sobre todo esto el más hermoso lenguaje simbólico jamás descubierto en el mundo de las criaturas vivientes. También descubrió algunas otras propiedades animales de las que el hombre carece.

Los lenguajes animales son innatos. Los humanos, por el contrario, tienen que aprender las palabras de su lengua materna. Muchas aves tienen el necesario oído, memoria y conocimiento de la mímica vocal como para ser capaces de hablar; vamos a comparar brevemente su desarrollo vocal con el del niño humano.

Antes o después el niño empieza a balbucear. Los lingüistas y los psicólogos infantiles nos han explicado que los bebés acaban por formar todas las vocales, diptongos, consonantes y silbantes que aparecen en todos los lenguajes de la tierra, y además realizan acciones como la formación de burbujas con la saliva, algo que desde luego no les ha enseñado ningún adulto. Los niños mayores dicen «dadadada», es decir, practican algunos sonidos en repetición exhaustiva mientras se los escuchan a sí mismos. Muy pronto componen, con todos los sonidos aislados que han aprendido a dominar, un largo monólogo constantemente cambiante, en el que diversas modulaciones de tono y cadencias del discurso humano son imitadas con gran exactitud. Ya que los niños sordos de nacimiento balbucean exactamente igual que los otros, puede decirse que el niño humano posee todo el rango de sonidos de su especie, o, más precisamente, sus pautas fonéticas motoras, desde el nacimiento, igual que cualquier animal. La diferencia entre los seres humanos y las demás especies animales radica simplemente en su capacidad de aprender. El ser humano tiene que aprender la mayoría de las palabras.

Franz Sauer crió currucas a partir de los huevos. A lo largo de su vida permanecieron encerradas en una caja a prueba de sonidos y sólo se pudieron oír a sí mismas. Sin embargo, ya el quinto día de su vida, todas ellas emitían el mismo «tsiep» cuando pedían comida; al cabo de once días el mismo «idat», y más tarde habían desarrollado un total de veinticuatro llamadas individuales, exactamente igual que las contemporáneas de la misma especie que habían crecido normalmente libres. Igual que ellas, Kaspar Hauser,[1] en confinamiento solitario, compuso, a partir de sonidos que ordenó de modo innato, sus propias canciones juveniles; los poemas sonoros infantiles que entonaba suavemente podían compararse con los balbucientes monólogos de los bebés.

El pájaro que canta oculto en la espesura está totalmente dedicado a su canción, cantando para «la causa del arte». Conserva su canción «juvenil» hasta la primavera siguiente. Por tanto, la canción está reducida solamente a unos pocos motivos, usada para propósitos específicos y cargada de emoción: una

1. Kaspar Hauser, objeto de mucha literatura en su época y posteriormente, incluyendo el poema de Verlaine *Sagesse*, escrito en 1881, fue un hallazgo que apareció en Nuremberg en 1828. Creció en estado salvaje, totalmente privado de cualquier contacto con seres humanos, igual que el famoso niño-lobo de la India que no podía hablar ni caminar erguido cuando lo encontraron. Murió en 1833 a la supuesta edad de veintiún años. Hoy se piensa que era autista.

urgente llamada de súplica es emitida inmediatamente antes del apareamiento, un canto parecido al de las trompetas de guerra significa hacer huir a los rivales, y unos cuantos más. Todas las canciones y las llamadas de los pájaros son más rápidas y poseen mayor número de tonos altos y bajos cuando la excitación de las aves aumenta. Esto también ocurre en el lenguaje y la música humanos. La mano de Sauer, presentada a pájaros individualmente enjaulados, representaba a veces un rival territorial y otras veces una compañera femenina, y logró provocar cuatro motivos de canciones de primavera. Estas llamadas también recuerdan a las de los compañeros de pájaros en libertad. La curruca, con su complejo repertorio de cantos para todas las fases de su vida, no necesita maestro. Pero esto no significa que no pueda aprender nada además de lo que ya sabe; esto es algo que aún no se ha investigado con esta especie concreta.

El proceso que se acaba de describir toma un curso diferente en las distintas especies de pájaros cantores. Muchos empiezan con un repertorio instintivo de cantos juveniles parecidos a los de la curruca. Los pinzones criados en aislamiento, que sólo se oyen a sí mismos, construyen un modelo de canto relativamente indiferenciado, justamente un poco más corto que el del pinzón que ha crecido libre. Pero si, al principio de la primavera, se le permite escuchar el canto de los pinzones machos de la localidad, empieza a cantar como ellos, y de esta forma surge un dialecto. Uno de estos dialectos ha sido conservado sin alteración en el área que rodea a Egge, en Teuroburger Forest, durante más de veinte años. Muchas de las peculiaridades de estos dialectos parecen formarse por imitación de breves pasajes de los cantos de otras especies de aves. Ya en 1740, el Barón von Fernau en el Castillo de Rosenau, cerca de Coburg, tenía un rincón en su bosque donde los pinzones cantaban como alondras: había puesto pinzones de menos de un año en un aviario con alondras, y después de que aprendieron a imitar el canto de la alondra los liberó en una zona del bosque en la que no había pinzones. Los dialectos humanos parecen haberse formado de la misma manera. La formación de dialectos demostrada en unas cuantas especies de aves cantoras, es uno de los ejemplos mejor conocidos de tradiciones animales en el sentido literal.

El gorrión de corona blanca de California *(Zonotrichia)* es otro cantor de dialecto. Cuando solamente tiene de tres a ocho semanas, adquiere el idioma exacto del padre, aunque su equipo vocal aún no está listo para imitarlo ni siquiera aproximadamente. Ello puede ocurrir solamente mucho más tarde, incluso sin haber oído a su modelo desde que tuvo lugar el imprinting. Si se volviese sordo antes de que sus instrumentos vocales hubiesen madurado para el canto territorial de primavera, su impecable memoria no le ayudaría, y nunca sería un cantor de dialecto. En cambio, si ha tenido la posibilidad de oírse imitando lo que ha oído de joven, entonces puede seguir haciéndolo, incluso si inmediatamente después se vuelve sordo: he aquí un asombroso paralelo con las diferencias entre la incapacidad para hablar de los niños que nacen sordos y la capacidad para usar el lenguaje en los que se vuelven sordos más tarde.

Los pájaros imitativos, como el carnicero políglota y el zarcero icterino de Europa, imitan las voces de muchas aves extrañas y las incorporan a su propio canto específico. Nicoli probó después de ocho años de trabajo que el joven viuda, como nuestro cuco, trepa a los nidos de los demás pájaros y aprende todo el repertorio de sus padres y hermanos adoptivos, pero solamente con una especie determinada de padre adoptivo. El macho viuda solamente puede aparearse con una hembra si logra imitar con la suficiente perfección, cerca del nido del huésped apropiado, el canto con el que el huésped macho lleva a la hembra huésped a su nido. Toda la presión selectiva actúa sobre la capacidad del pájaro para imitar, en este caso ayudando a producir diferentes especies. Tretzel encontró cerca de Erlangen cogujadas comunes que podían imitar el silbido de un pastor a su perro tan perfectamente que el perro respondía cuando se reproducía su llamada en una cinta. El silbido del pastor era extremadamente inmusical, con ritmo, intervalos y tono variando grotescamente. Los imitadores componían a partir de la cacofonía del modelo algo parecido a un motivo musical, que constaba de intervalos puros, tonos constantes y ritmo estrictamente mantenido. Los pájaros, en este caso, inventaron un tema para las involuntarias variaciones del pastor. Las cogujadas cercanas lo imitaron, y los jóvenes imitaron a sus padres. Esto es un ejemplo típico de cómo se originan dialectos familiares y locales.

Imposible de superar, con la única excepción del tordo *Shama,* es la alta calidad de la mímica lograda por la cotorra gris, cuyas imitaciones pueden confundirse con el original. A veces aprende ciertos sonidos, lo mismo palabras humanas, en relación con situaciones determinadas. Mi pájaro decía «hola» cuando alguien levantaba el auricular del teléfono, porque su dueño anterior siempre contestaba así, y por la misma razón decía «hasta

luego» si cualquiera salía de la habitación. Otras dos palabras que había aprendido antes fueron fundidas en una palabra artificial, que voceaba cada noche fuertemente hasta que se tapaba la jaula y se apagaba la luz de la sala. Exactamente de la misma manera, los niños reúnen sonidos de palabras y su significado a partir de situaciones en las que las han oído, o por el contrario inventan palabras que usan cuidadosamente aplicadas a la situación. Solamente con su primera frase, compuesta por dos o más palabras en relación con la realidad, una frase formada por su propia iniciativa, logra el niño superar al loro. Hasta ahora, ningún pájaro imitativo ha compuesto una frase con sentido formada por dos palabras extraídas en su totalidad de dos sonidos heredados o adquiridos separadamente.

De las diecinueve condiciones previas hasta ahora conocidas que llevan a la música y al discurso humanos, sólo hemos discutido las siguientes en relación con los animales: en primer lugar, la capacidad innata para comunicar por medio de los sonidos instintivos y pautas motoras, que no solamente transmiten «estados de ánimo» (en el sentido etológico ya explicado), sino también referidas a la situación total, anunciando o pidiendo algo. En segundo lugar, la generalmente comparable motivación comportamental específica y la respuesta de los mecanismos liberadores innatos, sobre la base de que algunos displays pueden ser directamente comprendidos incluso por encima de la barrera de las especies. En tercer lugar, la capacidad para dar una exacta réplica vocal de lo que se ha oído. En cuarto lugar, tono absoluto, y relacionado con ello la capacidad de transcribir una melodía en una clave diferente. Quinto, la capacidad de componer. Sexto, capacidad innata o adquirida para ligar una acción a una situación específica, que actúa como etapa preliminar de la genuina formación de los conceptos. Séptimo, el simbolismo del lenguaje de las abejas comprensible de manera innata.[1] Octavo, pensamiento no verbal, es decir, la capacidad para formar imágenes o conceptos independientemente del uso de las palabras, para emitir juicios que conformen de hecho un comportamiento consistente y en virtud de los cuales, si una palabra del lenguaje tarda en formarse, estaría formada la precondición principal para su existencia y efectividad.

Los animales superiores están cercanos al hombre en el pensamiento no verbal, abstracción sensorial, capacidad para ampliar conceptos, transmisión, y percepciones Gestalt visual y auditiva. Pero hay escasa evidencia, en seres diferentes del hombre, de cualquier cosa que pueda considerarse rudimentariamente como imágenes, conceptos y juicios no verbales, a través de los que llegamos al lenguaje y nos convertimos en verdaderos seres humanos. Una pareja de cuervos, estudiada por Gwinner, nos dio un ejemplo de tales rudimentos. El macho imitó el ladrido del perro y la hembra el grito del pavo. En dos ocasiones en que el macho se fue, la hembra ladró y el macho volvió. Cuando se trasladó la hembra a otro aviario, el macho se colocó permanentemente en el único rincón de la jaula desde el que podría vislumbrar su aviario y gritó como un pavo. Exactamente el mismo comportamiento fue observado por Kneutgen en un par de tordos de Shama. El irresistible «kucuks» de mi cotorra gris constituyó una orden verbal de su propia invención.

Si los animales poseen tantas raíces de lenguaje, ¿por qué no hablan como hace el hombre? La respuesta es parecida a la que daríamos a la pregunta de cuál es el origen de la vida, que ha permanecido incontestable durante mucho tiempo pese a los considerables avances científicos de las últimas décadas. Encontramos abundantes caracteres individuales comparables a los de la vida en la materia inanimada, pero nunca se encuentran todos juntos. De la misma manera, reconocemos todas las etapas iniciales y las precondiciones de la música y el lenguaje humanos en los animales, pero muy desigualmente repartidos entre las diferentes especies, y solamente en una de ellas totalmente com-

1. El simbolismo del lenguaje, esto es, una asociación inequívoca del símbolo —un sonido inconfundible, expresión o postura— con un significado comunicable, puede suponerse que funciona cuando, por ejemplo, el babión anuncia la aparición de un leopardo con un «doble rugido» (Altmann), o cuando, en los macacos japoneses de cola corta, el sonido «kaa» provoca la dispersión de todos los miembros de la banda, o el «kuan» (emitido por el alfa-macho) produce la reacción de silencio de muerte, ocultamiento o máxima disponibilidad para el vuelo. Pero todas estas conexiones, que sin embargo han sido inadecuadamente examinadas —avisos, gritos, llamadas de dolor, etc.—, solamente pueden ser comprendidas en el contexto de una situación determinada, con la sola excepción de la danza de la abeja, que comunica exclusivamente un objeto que no es inmediatamente perceptible y la búsqueda, que puede ser anticipada. Resulta sorprendente en el pensamiento evolucionista averiguar que, por lo que ahora sabemos, esta última facultad sólo está presente en la mayoría de los insectos sociales, y no en los vertebrados aislados, ni siquiera en los monos, más estrechamente relacionados con el hombre. Puede decirse razonablemente, sin embargo, que ninguno de los animales superiores ha sido tan extensa y consistentemente estudiado como lo ha sido la abeja, gracias a Karl von Frisch y sus dos generaciones de discípulos.

binados. Cuando nuestros ancestros empezaron a hablar, se volvieron humanos, igual que hoy les pasa a todos los niños pequeños. Gracias a los animales que siguieron siendo animales, le fue permitido al hombre ser hombre.

PENSAMIENTO NO VERBAL

OTTO KOEHLER

Según una antigua definición legal, la vida humana empieza cuando el recién nacido lanza su primer grito. Pero el pensamiento biológico sabe que tanto la célula huevo como el espermatozoide estaban vivos, que el nuevo ambiente de la tierra formado por su unión, e igualmente sus etapas intermedias, estaban vivos. Hay buenas razones por las que nadie ha intentado hasta ahora explicar la «psicología del embrión». Es imposible asimismo establecer en qué etapa del desarrollo del embrión humano empieza la consciencia, y determinar justamente cuando, en la historia del ascenso evolutivo desde el organismo unicelular hasta el hombre, esta consciencia se transformó en ser. No es posible trazar líneas de división en los procesos continuos, igual que nadie puede decir en qué punto del estuario del Elba acaba éste de existir para empezar el mar Báltico.

La vida es un proceso ininterrumpido. Por supuesto, la muerte puede poner fin a una vida individual en cualquier momento, pero las especies viven. Es muy cierto que en algún momento la vida debe haberse originado a partir de la no-vida, igual que es evidente que el proceso no puede repetirse en las condiciones ambientales actuales. Los científicos pueden tener ideas fragmentarias, basadas en hallazgos de la investigación experimental, de cómo pueden haber ocurrido las etapas individuales, pero la generación primeval de la vida como un todo sigue siendo un misterio. Todos los naturalistas son plenamente conscientes de su ignorancia en estos asuntos vitales, y en consecuencia son modestos. Pero están muy confiados en lo que *sí* saben. Los biólogos saben que desde el momento en que la vida existe es capaz de autorreproducirse, y que nunca ha dejado de hacerlo. Una

sola célula viva se divide en dos y la vida continua en sus dos mitades. Incluso antes de que la célula se divida, se divide su núcleo; en ese momento, o incluso antes, cada cromosoma del núcleo se ha dividido en dos mitades longitudinales iguales. Cada una de estas mitades se almacena en una de las dos células hijas, y de este modo cada célula hija posee exactamente los mismos cromosomas que su madre. He dicho intencionadamente, en lugar de cromosomas *similares, los mismos* cromosomas, en el sentido de que una persona sigue siendo la misma persona a lo largo de cada una de las etapas de su existencia.

Todos los cromosomas de las células de cada organismo vivo formado por células podrían probablemente seguirse a través de una serie ininterrumpida de divisiones hacia atrás, hasta llegar a los cromosomas de la primera célula viva que existió sobre la tierra. El plasma de la célula es igualmente continuo.[a] Ya que, en último extremo, la transmisión hereditaria consta de procesos que implican a los cromosomas y al plasma, las leyes de la herencia son las mismas para la flora que para la fauna. La roca más antigua tiene mucho más de tres mil millones de años. Se ha demostrado sin ninguna duda que en el Cámbrico —que empezó hace alrededor de unos ciento cincuenta o ciento setenta millones de años— había parientes de los fila de invertebrados superiores actuales. Incluso se han encontrado trazas de la existencia de plantas inferiores, de poliquetos planctónicos, braquiópodos y crustáceos. Éstos datan de hace más de mil millones de años, y se han encontrado rasgos escasamente clasificables de las plantas más inferiores que datan de más de dos mil millones de años. Pero incluso éstas deben haber tenido antecesores. Es tan imposible fijar una fecha para el comienzo de la vida como para el origen de la misma tierra —que en su forma actual se piensa que tiene unos cuatro mil quinientos millones de años—. Tres mil millones de años es una estimación quizá demasiado modesta para la historia evolutiva de la vida. Durante este tiempo, han desaparecido más especies de animales que las que actualmente existen. Y en su momento éstas deberán hacer sitio a

a. Esto supone que en la tierra primitiva se originó en *un* momento determinado *una sola* célula a partir de la que se han originado *todas* las que existen actualmente, lo que, desde luego, es una suposición muy aventurada. Además, la afirmación de que el plasma celular es «continuo» tiene unas connotaciones metafísicas muy sospechosas y, en el mejor de los casos, no significa nada desde el momento en que nada aporta a la comprensión del fenómeno de la transmisión de caracteres. *(Nota del traductor.)*

las nuevas especies en algún tiempo futuro. Los antiguos padres de la Iglesia hablan de *creatio continua*. La ley de hierro de la naturaleza, de acuerdo con la cual los planetas giran alrededor del sol, los átomos se agrupan para formar moléculas y la vida continúa para existir en la forma de especies individuales, no resuelve el misterio de la naturaleza, al contrario, apunta a la Gloria del Eterno.

El origen uniforme de toda vida permite hacer comparaciones. Por ejemplo, nosotros, seres humanos, como todos los vertebrados, olemos con la nariz, vemos con los ojos, oímos con los oídos. Tenemos dientes y pelo como los demás mamíferos, y como ellos mamamos la leche del pecho de nuestras madres. Nuestro comportamiento muestra semejanzas con el de otros mamíferos en etapas semejantes. Como seres humanos, compartimos con los mamíferos nuestros cromosomas y nuestro sistema nervioso. También compartimos los productos de este último: orientación espacio-temporal, instintos, estados y acciones motivacionales, emociones y mecanismos liberadores innatos que determinan qué situación externa se corresponderá adecuadamente con qué pauta comportamental instintiva, sin que tengamos que aprender el proceso. Además, compartimos con otros mamíferos la capacidad de aprender, y finalmente, la facultad del *pensamiento no verbal,* que es lo que ahora vamos a discutir. De los innumerables ejemplos que prueban los mismos puntos, he elegido dos del trabajo realizado en los institutos de Königsberg y Freiburg.

Tras tres meses de entrenamiento, un ratón ciego aprendió a recorrer casi sin error un laberinto, lo que exigía tomar decisiones correctas en casi veinte uniones en T. W. Dinger eliminó el hilo de Ariadna de las gotitas de orina que cada ratón depositaba a lo largo de su camino, limpiando las bandas de aluminio que forman las calles del laberinto. También anuló cualquier efecto direccional de la distribución del sonido en su laboratorio girando el eje del laberinto después de cada carrera. Cada nueva eliminación de ayuda inintencionada producía al principio una regresión, pero era rápidamente superada; muy pronto el ratón apenas cometía ningún error. Cada ratón era colocado en cuatro variaciones diferentes del mismo laberinto, y hacían escasamente algunos errores más que en el original, pese al hecho de que no habían llevado a cabo *ningún entrenamiento adicional.* En la primera variación, las dimensiones lineales del laberinto eran duplicadas. En la segunda, los ángulos eran distorsionados de forma

que el ratón, en vez de girar noventa grados, tenía que girar alternativamente cuarenta y cinco grados y ciento treinta y cinco grados. En la tercera variación, la secuencia del segundo era invertida, y el ratón tenía que girar alternativamente ciento treinta y cinco grados y cuarenta y cinco grados. Finalmente se construyó una imagen especular del laberinto de entrenamiento.

El éxito de las *transformaciones* (lo que significaba que comprendía inmediatamente una nueva situación sin aprendizaje adicional) demostró que el animal tenía una *imagen figurativa* de la dirección correcta en el laberinto de entrenamiento, y podía trasladar esta imagen comprensiblemente para adaptarse a la forma del nuevo laberinto. Podía hacer abstracciones figurativas de la longitud de las calles y de la amplitud de los ángulos. Por encima de esto, comprendió inmediatamente que el laberinto se había transformado en su imagen especular, y logró transformar su propia idea del camino que debía tomarse. En el sentido dado por Wolfgang Köhler, hay una verdadera percepción *Gestalt:* el ratón tiene una concepción *figurativa* de la forma, que puede transformar igualmente bien en dimensiones, ángulos, y direcciones de giro, igual que nosotros podemos leer y escribir las letras del alfabeto, reconociéndolas independientemente de su tamaño, o de si están verticales o inclinadas, hacia la derecha o hacia la izquierda, o incluso escritas como imágenes especulares. Si nosotros, los seres humanos, memorizamos una ruta por medio de accidentes del terreno, también podremos encontrar el camino de vuelta, simplemente cambiando la izquierda por la derecha como en las imágenes especulares, y leyendo hacia atrás las series de accidentes del terreno. Muchos animales pueden hacer esto al menos tan bien como los seres humanos. El ratón toma una decisión en cada encrucijada: un camino es correcto, el otro incorrecto. Tales cálculos, empleando imágenes, conceptos y decisiones con bases perceptuales, no comportan ningún nombre, porque no hay lenguaje verbal para ellos; nos referimos a ellos como «pensamiento no verbal». Solamente el hombre ha dado nombres a sus elementos, ya que solamente el hombre puede hablar. Pero si sabemos lo que queremos decir, es porque lo hemos pensado de antemano, al menos parcialmente, de una manera no verbal. Tal pensamiento humano no-verbal puede compararse al hallado a niveles equivalentes en animales superiores.

Nuestro segundo ejemplo está relacionado con el conteo no verbal en animales. Se enseñó a palomas a distinguir entre grupos de cuatro y cinco granos de maíz, cuando ambos grupos

estaban uno cerca de otro; con ello se demostró que podían «ver números». Posteriormente, aprendieron a recoger solamente cinco granos de cada montón de maíz, es decir, a *operar* con el número «cinco». Se ha probado en muchos experimentos que estas dos acciones tienen un límite superior que es constante en una especie, aunque varía de unas especies a otras: cinco para las palomas, seis para el periquito y la grajilla, siete para el cuervo, cotorra gris y cotorra del Amazonas, urraca y ardilla. Por lo que sabemos de experimentos paralelos con seres humanos, el hombre funciona exactamente igual de bien o de mal en el conteo no-verbal, siempre que se evite el uso de los nombres que para él significan los números.

Los animales mencionados también consiguen realizar tareas muy exigentes sin nuevos condicionamientos. Cuatro especies de aves y ardillas aprendieron a hacer la llamada «elección de muestra». Cinco platos tenían tapaderas con tachuelas sujetas como los puntos en el dominó: tres, cuatro, cinco, seis y siete. Frente a ellos, en el suelo, estaba la «muestra», una tapadera con (por ejemplo) cinco tachuelas. En este caso, el cuervo que hubiese aprendido su tarea abriría solamente el plato con cinco tachuelas en la tapa. Cuando el número de tachuelas del modelo variaba (conservando el modelo del «dominó»), el ave debía invariablemente abrir el plato que tuviera el mismo número de tachuelas en la tapa que el modelo. Pero repentinamente dejamos de colocar las tachuelas como en los puntos del dominó, y las colocamos cada vez al azar, teniendo especial cuidado de que el modelo de las tachuelas de la muestra fuese totalmente distinto del de la tapa con el mismo número que se esperaba abriese el ave.

Mi cuervo de Königsberg enseguida le cogió el sentido. Sin un nuevo condicionamiento lo realizó casi mejor que antes. Lo mismo ocurrió cuando, en un tercer test, las condiciones se hicieron aún más difíciles, y en vez de tachuelas había puntos de plastilina de formas, tamaños y posiciones constantemente diferentes, que proporcionaban un número astronómico de posibilidades distintas. Solamente en esta etapa, tras la eliminación de todas las pistas que podían dar alguna ayuda irrelevante, se pudo decir que el ave elegía únicamente por *el número que había visto antes,* el único número de entre cinco que correspondía al de la muestra.

Un experimento inverso fue igualmente satisfactorio. Implicaba coger una tapa que tenía un número diferente de tachuelas cuando todas las demás tenían el mismo. Una ardilla pertene-

ciente al Dr. Hassmann aprendió a escoger la tapa de tres tachuelas cuando se le ofrecían cinco platos con tapas que llevaban cuatro, cuatro, tres y cuatro. Cuando al animal se le ofreció una disposición de tres, tres, cuatro y tres, eligió el cuatro, y así sucesivamente, en las cuarenta y dos combinaciones que pueden hacerse con los números del cero al seis. En cada una de estas pruebas, la única tapa que se diferenciaba de las otras cuatro que llevaban números iguales, se colocaba alternativamente en cinco posiciones diferentes. En consecuencia, cuarenta y dos multiplicado por cinco (es decir, doscientos diez) posibilidades se seguían una a otra en un orden predeterminado al azar. Incluso el hombre necesitaría algún tiempo para aprender este principio de elección, si se enfrentase a los experimentos sin explicación verbal, como la ardilla.

Las dos posibilidades descritas, *ver* y *operar* con números, no tienen bases figurativas comunes. Nosotros podemos conectar fácilmente una con otra porque tenemos nombres para los números. Si le digo a un niño que puede comer tantas cerezas como veces levante el dedo, él *sumará los números que ha visto,* es decir, operará con números. Si, por otra parte, le pregunto cuántas cerezas ha comido y me contesta levantando el dedo, entonces yo veo números operados. Lo único que conecta estas dos actividades es el llamado número. Puesto que los animales, al no poder hablar, carecen de nombres, podría esperarse que un animal, a diferencia de un niño que puede hablar, sería incapaz al mismo tiempo de operar con números que hubiese visto y de percibir los números operados. No obstante, se ha comprobado que los animales pueden aprender a hacer las dos conexiones separadamente. Una grajilla aprendió a operar con números que había visto, cogiendo solamente dos gusanos de un círculo de varios tras haber visto dos puntos en el centro del círculo, y cuatro después de haber visto cuatro puntos. Con cotorras se lograron resultados incluso mejores. Una urraca perteneciente al Dr. Sauters llevó a cabo la labor inversa con números percibidos visualmente. Si, después de descubrir una larga hilera de platos tapados, encontraba tres bocados en total, debería a continuación abrir de cuatro discos con uno, tres, cinco y siete puntos en la tapa, solamente el que tenía tres puntos en la tapa; y solamente el que tenía siete puntos si había encontrado siete golosinas en la hilera. Una cotorra del Amazonas perteneciente al Dr. H. Braun lo realizó correctamente cuando se le ofrecieron elecciones quíntuples, y su cotorra gris *(Jakob)* pudo tratar con números que

solamente había oído. Si oía dos sonidos de un magnetofón, un metrónomo o cualquier otra fuente según caminaba hacia una hilera de platos, debería ir levantando tapaderas hasta que encontrase dos golosinas, y dejar entonces el resto sin tocar. Tras una señal de tres sonidos debería buscar tres, después de cuatro, cuatro golosinas, y así sucesivamente. En otras palabras, iba abriendo tapas, no importa cuántas, hasta que encontrase un número igual al de la señal sonora. Las señales variaban ampliamente en duración, tono, color, e intervalos entre ellas, y un ser humano a duras penas hubiera logrado mantenerse a la altura de la cotorra.

Este mismo *Jakob* trató más tarde con una serie de platos que comportaba todas las combinaciones mencionadas hasta el número ocho. Después de haber aprendido del doctor Braun a seguir sonidos en vez de puntos, se le dejó que olvidase por completo este ejercicio, y aprendió del P. Lögler a observar y contar destellos de luz, de forma que, por ejemplo, después de seis destellos de luz en sucesión totalmente arbitraria, empezaba a levantar las tapas de los platos hasta que encontraba seis golosinas, y después de siete destellos continuaba buscando hasta encontrar siete golosinas. Después de esto, *Jakob* pudo pasar inmediatamente desde los arrítmicos destellos de luz a las igualmente arrítmicas notas tocadas por el magnetofón, y volver de nuevo sin ningún entrenamiento adicional. El pájaro comprendió así la semejanza entre *x* señales luminosas y *x* señales sonoras; logró lo que se llama una «transposición heteromodal». Es probable que este logro solamente haya sido conseguido antes por el chimpancé de Mrs. Nadie Koht, que invariablemente extraía de un montón de piedras de varios tamaños la única cuyo tamaño era igual al de la que Mrs. Koht acababa de enseñarle en la palma de la mano. Cuando metía la mano en un saco, él debía sacar la piedra del tamaño coincidente con el del modelo, esta vez utilizando el tacto en lugar de la vista para hallar la forma que acababa de ver.

Aparte de estos hechos, *Jakob* llevó a cabo una serie adicional de cuarenta tareas, para las que no había sido entrenado con anterioridad. De éstas, sólo describiremos una. *Jakob* había aprendido, después de oír señales sonoras, a levantar las tapas sin marcar de los platos hasta que encontraba dos golosinas, y después de una sola señal sonora a buscar solamente una golosina. Lögler le ofreció ahora elegir entre tapas marcadas con uno o dos puntos; después de escuchar dos señales, *Jakob* levantó

la tapa con dos puntos, y después de una señal la tapa con una sola marca. Así, hizo una transición espontánea desde una asociación «simultáneo-sucesiva» a una asociación «simultánea-simultánea».

La transición inversa desde asociaciones simultáneas a sucesivas fue llevada a cabo veintiún días antes por un pichón que aprendió a extraer dos granos que estaban muy juntos en el estrecho final de una banda de cartón, pero a ignorar el único grano que había en el extremo opuesto. Cuando el grano de dentro del grupo de dos fue empujado lentamente hacia el centro de la tira, el pichón aún eligió el grupo de dos, pese a la creciente distancia entre ambos granos. Solamente cuando el grano interior estaba justamente en el centro de la tira, equidistante de los otros dos granos, empezó el pichón a picar con la misma frecuencia el par de la izquierda que el de la derecha, o incluso los dos de los extremos. Entonces comió dos y dejó uno, respondiendo al número dos. El ave había pasado de una visión *simultánea* de los números a un manejo *sucesivo* de los números.

Estas dos progresiones espontáneas, no aprendidas, desde una capacidad básica a otra, parecerían particularmente significativas en la formación de lo que podría considerarse un refuerzo en el puente entre las dos posibilidades de usar números ejemplificados en presentaciones simultáneas y sucesivas de objetos, puente éste que no podemos formar por sola percepción visual.

Un examen completo de todos los demás experimentos de conteo que datan del último medio siglo nos enseña la misma lección. Por lo que sabemos, los adultos humanos no son de ningún modo superiores a los animales en pensamiento no-verbal, cuando están implicados asuntos que realmente conciernen a los animales. A veces, en la búsqueda del camino por ejemplo, el hombre es muy inferior. El niño piensa exactamente igual que un animal, de modo puramente no-verbal; reconoce el biberón y el oso de trapo mucho antes de aprender a decir «biberón» y «oso de trapo». En cuanto haya aprendido las palabras, cogerá estos objetos cuando se dé una orden verbal, aunque sólo mucho más tarde, cuando él mismo pueda decir «biberón» y «osito», estará en condiciones de pedirlas. Se puede enseñar a los perros, elefantes y delfines a obedecer órdenes verbales. Una cotorra lista puede pronunciar hasta cien palabras. Pero, como ya se ha dicho, ningún animal ha formado nunca espontáneamente una frase con sentido a partir de dos palabras aprendidas por separado. Un niño pequeño puede hacerlo en cuanto ha aprendido unas

cuantas palabras. Con la primera frase de dos palabras que suponga una respuesta a la realidad objetiva, su superioridad sobre cualquier animal es final e inequívocamente manifestada.

Los animales no pueden poner nombres, pero tienen la facultad del pensamiento no-verbal. Tal pensamiento se adapta al uso para el que se destina, del mismo modo que cualquier órgano está adaptado a su uso, y por las mismas razones. Solamente el hombre, cuando empieza a hablar en su más tierna infancia, como sus antepasados hicieron antes en la historia de la evolución, da nombres a los elementos del pensamiento no-verbal que comparte con los animales. El lenguaje humano es así adaptado a la descripción y comunicación de cualquier cosa, tanto de nuestro entorno exterior como de nuestro imaginativo mundo interior, igual que el pensamiento no-verbal en los animales cubre sus propias necesidades. Al mismo tiempo, el hombre está muy por encima de cualquier animal en razón del lenguaje que posee, y que los animales no, y porque hay una continua interacción mecánica en su subconsciente entre el pensamiento verbal y el no-verbal, un incesante intercambio entre ellos, durante el que una sola palabra puede ampliar el entramado con fuerza explosiva. La conciencia de sí mismo, el poder sobre su propio destino, el sentido de la responsabilidad y del deber, la libertad de ser, la moralidad, la religión, el arte y la ciencia son los privilegios de esta criatura articulada única. Pero siempre, en cualquier momento, el pensamiento no-verbal está también presente en el hombre, de forma que el más profundo estrato de su ser pueda siempre responder.

El corazón humano ofrece a menudo más consuelo que las palabras, porque las palabras se adaptan a su uso en la medida en que son inequívocas y apropiadas.

Cualquiera que abre la boca sabe de antemano lo que quiere decir, no como en un sermón aprendido de memoria, sino al menos al nivel no-verbal. Dirá lo mismo de modos muy diferentes, de acuerdo con la persona a la que habla, y después de haberlo dicho estará seguro de que sus palabras no han sido las más apropiadas, de que no se ha explicado totalmente, de que lo mejor ha quedado sin decir, porque en realidad estas palabras no son sino un velo de la imagen no-verbal que ocupaba nuestro ojo interno, nunca la imagen misma. E incluso la imagen misma está lejos de ser la realidad.

Pese a todo lo que debemos al lenguaje, todo lo que nos hace humanos, no olvidaremos nuestro viejo poder de pensamiento

no-verbal, que debemos a y compartimos con los animales, que liga nuestro pensamiento a la tierra en la que tenemos nuestro ser y que es, de entre todas las cosas de la tierra, la piedra de toque por la que la palabra demuestra su valor.

AZAR, NECESIDAD Y PLANIFICACIÓN EN EL UNIVERSO VIVIENTE

OTTO KOEHLER

Nadie ha definido lo que es la vida. Las palabras no pueden abarcar la infinita complejidad del alud de hechos naturales. Pero podemos enumerar las características esenciales de la vida. La vida es algo propio de *entidades individuales* en varios niveles de organización: virus, bacterias, criaturas uni y pluricelulares, animales. Transforma materia, energía, forma; se desarrolla, crece, procrea, hereda, posee capacidad de respuesta, que puede culminar en una vida inferior. Carl Ernst von Baer, el gran maestro de la biología, señaló la estimulación hacia un fin como una característica especialmene significativa de la vida.

Cualidades comparables hay en la materia inanimada. El agua y el fuego también exhiben transformaciones características de materia y energía, los cristales crecen, el cosmos está organizado en todas sus dimensiones, los movimientos de los planetas son predecibles hasta el menor detalle; los movimientos y las oscilaciones internas de los átomos están sujetos a leyes estadísticas. Pero nunca todas estas características se dan simultáneamente en la materia inanimada; por tanto, el límite entre la materia animada y la inanimada es claramente distinguible. Von Baer ha dicho que un propósito es una tarea propia del hombre, que presupone la libertad de elección; un fin, por el contrario, es una realización prescrita, que puede llegar también a través de la necesidad. La máquina tragaperras arroja monedas, la gallina pone su huevo diario; ya que estos hechos ocurren continuamente, la necesidad debe estar tras ellos. «La verdadera tarea de las ciencias de la naturaleza es comprender de qué forma la vida está formada por necesidades orientadas hacia un fin, y de fines necesariamente perseguidos. El propósito de la vida individual

podría parecer que es vivir, procrear y preservar las especies.» «La naturaleza no puede promover sus fines más que a través de la efectividad de las leyes naturales. Sin éstas, cualquier efectividad y cualquier persecución de un fin sería completamente mágica.» «La armonía está compuesta por los fines y las leyes naturales que permitirán alcanzarlos. La capacidad para perseguir propósitos y fines, y la elección del medio más efectivo para ello, es lo que llamamos *razón*. Toda la naturaleza *opera* de acuerdo con la razón; o si consideramos la realización efectiva como el principio fundamental que relaciona a toda la naturaleza, toda la naturaleza *está* de acuerdo con la razón.» Estas palabras de Von Baer constituyen una verdadera síntesis de Platón y Demócrito.

Cualquiera que observe las plantas y los animales y los compare con otros verá semejanzas y diferencias. Ningún ser humano, ningún animal, ninguna hoja es una réplica exacta de otra; al mismo tiempo podemos distinguir fácilmente la hoja del tilo de la del castaño. Los hombres, monos y canguros, con su cabello, leche materna, etc., corresponden al *plan estructural* y *funcional* de los mamíferos, que junto con el de las aves, reptiles, anfibios y peces, está sujeto al plan de los vertebrados. *Amphioxus,* el llamado pez lanceta, no es un vertebrado, pero su diseño es el tema sobre el que todos los vertebrados basan sus variaciones. Su cordón esquelético está formado solamente por el notocordo a lo largo de toda su existencia. Todo vertebrado que se desarrolla de un huevo pasa por la etapa inicial de posesión de un notocordo, y después forma a partir del notocordo una columna vertebral cartilaginosa que en el tiburón permanece invariable durante toda su vida. En todos los vertebrados superiores, el huevo, durante la tercera etapa de desarrollo, reemplaza casi por completo al cartílago; en el hombre parte de este proceso solamente tiene lugar después del nacimiento.

A nadie se le ocurre levantar una tienda, quemarla, reemplazarla por una construcción de madera, derribarla, y finalmente construir una catedral de piedra, que era realmente lo que quería que hubiese en ese sitio. Pero en la historia de la evolución tales rodeos son normales. Cualquier animal multicelular empieza su desarrollo como un huevo unicelular, como un protozoo. En la segmentación siguiente puede compararse a una colonia de protozoos; en la etapa de blástula se parece a un *Volvox,* y cuando se transforma en una gástrula de dos capas parece un celenterado, como la *Hydra.* De esta forma cada criatura, incluido el hombre, en el curso de su propio crecimiento, pasa a través de

estados de desarrollo en los que las especies inferiores han permanecido estancadas. Se han desarrollado muchas cosas que ya no volverán a utilizarse, como las aberturas de las agallas y la articulación de la mandíbula de los peces óseos, que están presentes en el embrión humano antes de que se forme la articulación de la mandíbula humana. En un altamente improbable cambio de función en la historia de la evolución, las estrías ciliadas de las agallas se transformaron en la glándula tiroides humana, y la más antigua de las dos articulaciones de la mandíbula, en los huesecillos del oído humano. El joven Goethe escribió: «La naturaleza siempre está creando nuevas formas; lo que ahora existe no existió nunca antes; lo que existió en el pasado no volverá; todo es nuevo, y sin embargo siempre es lo mismo.» Esto es, en efecto, una sobria exposición de la metamorfosis de forma que ya hemos mencionado: con la más estricta regularidad, los huevos de pollo siempre se transforman en pollos, y los huevos de rana arbórea en ranas arbóreas. Semejantes hechos cotidianos, como el cielo estrellado, inspiran miedo al observador humano; son las leyes, la regularidad de todos los procesos naturales, lo que constituye el misterio que nos mueve a explorar todo lo que puede ser comprendido y a venerar en silencio lo que no puede explorarse.

Al hecho de que toda vida se origina solamente a partir de otra de su propio tipo, de la misma manera que las generaciones anteriores, le llamamos *herencia.* Tal como Copérnico, Kepler y Newton analizaron la armonía de las esferas, así la genética analiza la transmisión hereditaria con tal precisión que las profecías sobre las generaciones futuras resultan ciertas con extraordinaria regularidad. Todas las células del cuerpo humano contienen los mismos cuarenta y seis cromosomas, de los cuales veintitrés proceden de la célula huevo de la madre y veintitrés de los espermatozoides del padre. Antes de que una célula se divida, los cuarenta y seis cromosomas deben dividirse longitudinalmente en dos mitades iguales, de las que una terminará en uno de los núcleos hijos y la otra en el otro. Ambos núcleos tienen por tanto los mismos cromosomas que su núcleo materno, y todos los núcleos de las células del cuerpo humano tienen los mismos cromosomas que la célula huevo original.[1] Los cromosomas contie-

1. Pero las células germinales (sexuales) tienen solamente la mitad de los cromosomas que tienen las células somáticas, uno por cada par, tanto las de la madre como las del padre.

nen los factores hereditarios, descubiertos por Mendel, y los distribuyen durante la formación de las células germinales y el proceso de fertilización que determina la siguiente generación. Las leyes de la herencia se cumplen exactamente de la manera que Mendel las estableció en su día, sin saber nada sobre los cromosomas. Los procesos hereditarios tienen lugar en las células de todas las criaturas celulares, desde las algas unicelulares hasta el roble y el hombre, y son fundamentalmene los mismos en todas ellas. Ya que cualquier cromosoma no se genera más que por división longitudinal de otro de su mismo tipo, todos los cromosomas y todos los núcleos, al igual que todo el plasma de todas las criaturas que viven actualmente, vienen de atrás en series directas, ininterrumpidas, de secuencias de división de los cromosomas, los núcleos y el plasma de las primeras células, que se originaron en la Tierra hace aproximadamente tres mil millones de años. Este solo hecho prueba la indispensabilidad a todo el campo de la biología de la teoría del origen de las especies; que es todavía, para ser exactos, una teoría tan firmemente establecida como la teoría atómica, que pocos profanos se atreverían a poner en cuestión. Todos los campos que componen la biología apoyan la teoría de la evolución y están apoyados por ella. ¿Cómo puede nadie pretender que no ha sido probada porque no explica todo? La ciencia natural se basa en hechos. Hay un número infinito de ellos, mientras que la investigación humana y el conocimiento son limitados. Confesamos con toda humildad que no sabemos prácticamente nada en comparación con la gran cantidad de hechos que aún no conocemos; pero estamos seguros de cosas que sabemos. Podemos proclamar constantemente el conocimiento con palabras nuevas, pero la nueva fórmula no hace falsa la vieja. Incluye a la vieja y a la nueva. El conocimiento de ayer no es el error de hoy, sino una parte integrante de la ley general que ya se ha descubierto.

Pero si todas las células contienen la misma substancia hereditaria, ¿por qué adoptan formas tan diferentes como las del hígado, los intestinos, el pelo, los huesos, la retina, el cerebro? ¿Y por qué realizan tareas tan diferentes como la digestión, producción de calor, soporte, visión y pensamiento? Un carácter biológico nunca es esencialmente hereditario; solamente es hereditaria la variación individual. Las circunstancias externas, que varían localmente, influyen sobre núcleos cuya herencia es idéntica, y determinan cuáles de todos los posibles caracteres hereditarios resultarán aquí, y cuáles allá. La fisiología de la genética

nos enseña a reconocer dichos factores externos. Hans Spemann cogió del embrión del sapo moteado naranja un fragmento destinado a ser parte de la epidermis del estómago, y lo trasplantó a la parte de un embrión de salamandra de la misma edad que iba a ser la boca. Resultó una larva de salamandra con boca de renacuajo. El fragmento de embrión obedeció las leyes de su localidad extranjera; así se convirtió en boca en vez de en epidermis de estómago. Pero independientemente de la parte del cuerpo que forme, sigue siendo materia de sapo, formada de células de sapo. Todas las partes del organismo en desarrollo son asombrosamente adaptables a las circunstancias externas.

El conocimiento de cuestiones tales como diferencias en el plasma, procesos neurológicos y neurosecretores, y hormonas que penetran a través de la pared de una célula a la célula vecina o circulan dentro de la sangre, lo hemos adquirido a través de los factores externos que determinan la evolución; ya conocemos la composición química de algunas de dichas hormonas. Pero, aunque sabemos algunas cosas aisladas sobre las células, todavía sabemos muy poco sobre, por ejemplo, cómo y por qué, en el incomprensiblemente complejo proceso del crecimiento celular, cada célula interpreta los mensajes que le llegan en el momento correcto, de modo que pese a la inferior calidad hereditaria, y a handicaps tales como constricción de la célula huevo o trasplante de grandes zonas del embrión, el desarrollo seguirá ocurriendo de acuerdo con los caracteres y la naturaleza de las especies. Quien pretenda que un factor unificador, llamémosle entelequia, es la clave del enigma, no es un científico o ha olvidado que alguna vez lo fue. El científico de la naturaleza ha aprendido a esperar, y sabe que cuando está enfrentado a un misterio, poco se resuelve dándole un nombre. Nadie ha logrado hacerse rico a partir de la afirmación de que la pobreza es el resultado de la necesidad.

En el fondo de todas las bellas frases que apuntan hacia los factores de unificación yace el concepto de planificador o arquitecto que organiza un material homogéneo y emplea a trabajadores ignorantes, a cada uno de los cuales da distintas órdenes. Pero nadie ha visto nunca a este arquitecto. Permítaseme poner un ejemplo. En los excrementos de los herbívoros crece el cuerpo fructífero de un organismo semejante a los hongos llamado *Dictyostelium,* que los zoólogos clasifican entre los Rizópodos unicelulares. Pero el cuerpo fructífero, el esporofito, consiste en un resistente pedúnculo *multicelular* con una gota de agua en el

extremo, que está llena de pequeñas esporas. En el laboratorio, de cada espora emerge una ameba sobre una placa de agar que ha sido inoculada con el microorganismo; las amebas bullen por toda la placa, comen y procrean. Repentinamente, la confusión cesa. Las amebas se juntan para formar columnas que apuntan a una sola dirección; entonces la retaguardia empuja hacia el frente y forma una cuña fuertemente empaquetada a la cabeza de cada columna, permaneciendo ahora rígidas una encima de la otra alrededor del eje de la columna para formar células del pedúnculo. Otra ameba trepa hacia el exterior de cada pedúnculo hasta que alcanza el ápice, y entonces se transforma en espora. Hasta aquí tenemos miles de organismos unicelulares repentinamente combinados de forma bien coordinada de acuerdo con el plan estructural de la especie, formando el esporofito multicelular. Se ha comprobado que es pura cuestión de azar en qué parte de la placa de agar se formarán los centros de actividad, en qué punto se unirán las columnas, qué ameba irá a qué cuerpo fructífero, cuál se transformará en espora y cuál en pedúnculo. Es imposible suponer un único constructor; antes bien, cada una de las miles de células lleva en sí misma todo el sistema de respuestas de la especie, obedece órdenes al mismo tiempo; todas y cada una de las células son a la vez constructoras y trabajadoras. Prácticamente el mismo principo se aplica a la historia genética de cualquier estructura pluricelular.

En cualquier parte de la fisiología tropezamos con la misma contradicción. Siempre encontramos una sola cadena causal. Pero cuando vamos a describir, comparar y clasificar morfológicamente, vemos modelos. Si un mismo modelo es constantemente reproducido, debe haber una causa. ¿Cómo puede el azar producir resultados idénticos? Pero todas las conclusiones sobre el constructor-coordinador último son falsas. El científico que investiga acerca de la causalidad no debería ser culpado por comprender sólo datos aislados y nunca un proceso total; en lugar de ello, debería proporcionársele ayuda. Se ha dicho que la biología consiste simplemente en el estudio de modelos, y que el estudio de la causalidad es un trabajo muy penoso. Por ejemplo, conozco el diseño de mi automóvil, una construcción armoniosa, autónoma, que me permite trasladarme a cualquier parte. Durante un viaje la máquina se ahoga. El conocimiento del modelo de diseño de mi coche y el destino de mi viaje no me sirve para nada, pero sí una aguja con la que, tras una investigación causal rutinaria, limpio el surtidor obstruido que provocó el ahogo de la máquina. Ahora el coche me lleva a mi destino. Exactamente de la misma manera, una operación a tiempo curará la apendicitis, mientras que la comprensión del hombre completo en perfecta salud no serviría de nada.

Se ha establecido que las leyes mendelianas de la herencia actúan a través de procesos causales encarnados en los cromosomas. Pero estas leyes son de naturaleza estadística. No estamos en condiciones de predecir si determinada flor de una planta perteneciente a la segunda generación de cruce será roja, rosa o blanca, aunque podamos predecir con seguridad que de cada cien habrá, aproximadamente, veinticinco rojas, cincuenta rosas y veinticinco blancas. Cuanto más numerosos sean los descendientes, más precisa será la proporción uno-dos-uno. Lo mismo ocurrirá si lanzamos al aire dos monedas diferentes. Si las lanzamos el suficiente número de veces, obtendremos la misma proporción de dos caras, dos cruces, o una cara, una cruz.

Podemos entender el azar como una necesidad, que no podemos interpretar en el caso de un suceso único, bien porque hay presentes demasiados factores que poco o nada tienen que ver unos con otros, bien porque no podemos examinar la situación con el detenimiento suficiente, o bien porque, sencillamente, no vale la pena tomarse la molestia. Si le cae a alguien en la cabeza una losa del techo, debe de haber alguna razón concreta que haya provocado la caída de la placa, y la víctima tiene que estar debajo en el momento preciso. Los deterministas llaman a una concidencia de cadenas causales como la anterior necesidad impredecible, mientras que los estadísticos lo llaman mala suerte, destino cruel, injusto castigo. O, si la persona escapa por los pelos, buena suerte, manifestación de la divina providencia, etc.

Una pequeña isla está habitada por conejos silvestres. Supongamos que un barco naufraga en ella alguna vez. Si toda la tripulación se ahoga, los conejos estarán de suerte; pero no ocurrirá lo mismo si un sólo Robinson Crusoe llega a tierra, sobre todo si su pólvora está seca. Todos los tipos de población serán influenciados por circunstancias históricas, en las que el científico ve que el azar es muy evidente. Cuanto menor fuese el número de conejos que llegaron inicialmente a la isla, menor será el número de genes mutados que pueden ser heredados por la descendencia; por esto hay tantas razas propias de islas. Mutación, herencia, un alto grado de selección y el aislamiento geográfico traen consigo nuevas razas, y puede demostrarse incluso que conducen a nuevas especies.

Sabemos ya que las mutaciones son siempre no dirigidas. La *adaptación directa*, que convierte el desarrollo individual en orientado hacia un fin, no existe filogenéticamente; solamente ocurre como efecto de la selección bajo un sistema hereditario ampliado por mutación y recombinación de genes. Únicamente un organismo en posesión de factores hereditarios que le permitan desarrollarse de acuerdo con las exigencias del entorno, un organismo que haya hecho provisión a tiempo, puede sobrevivir. Nosotros llamamos a esto «*pre*-adaptación». Cualquiera capaz de nadar bien pudo habérselas ingeniado sin el arca de Noé. Cualquiera inclinado a negar la parte del azar en la historia de la evolución y a enfatizar su planificación total tendría que ser capaz de predecir fielmente qué aspecto ofrecerá el actual sistema de plantas y animales dentro de un millón de años. Si, por otra parte, imaginamos que cuando la primera célula de la tierra se dividió en dos, cada célula hija se estableció en cada una de las dos mitades de la tierra, y que desde entonces dos tierras, bajo idénticas condiciones, han estado girando alrededor del Sol, incluso entonces no deberíamos esperar encontrarnos en la otra tierra a nuestro *Dictyostelium amoebae*, nuestras salamandras, nuestros perros *Newfoundland*, ni al hombre civilizado.

Se reprocha a menudo a Darwin que concede demasiada importancia al azar. Si alguien coloca en una caja todas las piezas de un reloj —arguyen tales críticos— será inútil que la agitemos para que el reloj vuelva a montarse. Esto es innegable. Incluso si dos ruedecillas se hubieran colocado correctamente, la siguiente agitación las separaría. Pero la analogía no es consistente. Los relojes no aparean, ni se dividen, ni tienen crías. Nadie sabe cómo se originó la primera célula sobre la tierra. Pero en cuanto apareció, empezó a procrear. A pesar de que las mutaciones ocurren al azar, la adaptación directa siempre escoge lo mejor de ellas en el desarrollo individual. Lo que en un caso era una desventaja podría ser una ventaja en otro. Por pequeña que fuese cualquier ventaja, lenta pero inexorablemente permitió a su poseedor superar a otros individuos que sólo eran muy ligeramente inferiores. En la selección natural, cualquier valor se consolida hereditariamente de acuerdo con leyes estrictamente regulares, cualquier posibilidad se usa cuando llega su hora.

El milagro de los ojos con lentes capaces de percibir imágenes —imitado en la cámara fotográfica— ocurrió en siete líneas de evolución independientes. Los ojos en mosaico se desarrollaron independientemente en cinco grupos diferentes de animales.

En la historia de la evolución se han repetido similares etapas de desarrollo de la vista, cada cual por diferentes medios estructurales. La sepia no tomó los ojos del poliqueto predador *Alciopa*, el mejor receptor de imágenes de su clase; tampoco los primeros vertebrados copiaron la patente de la sepia. Cada uno de ellos descubrió el ojo por sí mismo. Doce caminos separados llevan a la capacidad de ver.

Los «planes» evolutivos estructurales y funcionales se desarrollaron a lo largo de una interacción peculiar de necesidades causales particulares y sucesos casuales estadísticamente regulares por un lado y la necesidad por el otro.

Como resultado de la confusión vulgar entre fin y propósito, algunos han postulado la necesaria presencia de coordinadores innatos para explicar la armoniosa interacción de los órganos individuales. En la antigua Roma el tribuno del pueblo apaciguó las rebeliones de los proletarios contándoles la parábola de los miembros industriosos que se negaron a alimentar al perezoso estómago; cuando lo dejaron morir de hambre, ellos mismos se extinguieron. El sistema nervioso y las hormonas son los más importantes agentes que recorren órganos individuales, y trabajan en estrecha colaboración. ¿Dónde está el centro de mando del cuerpo que el hombre ha buscado durante tanto tiempo? Los antiguos lo localizaban en el diafragma, hoy lo localizamos en alguna parte del cerebro. Pero la hidra de agua dulce no tiene cerebro, la esponja no tiene ni siquiera células nerviosas, y sus órganos también cooperan. Sin embargo, el hombre no puede funcionar sin cerebro. A medida que se asciende en la jerarquía animal, siempre aparecen órganos nuevos para realizar las mismas viejas tareas. Si, por ejemplo, un golpe destruye parte del cerebro, habrá unas cuantas facultades específicas que naturalmente se perderán. Pero nadie ha encontrado todavía la localización exacta del principio director del cerebro. Por el contrario, Erich von Holst ha comparado la colaboración de todos los centros dependientes del sistema nervioso central con la de un parlamento ideal, en el que nada es pospuesto, sino que cualquier cosa se discute y se pone en práctica inmediatamente, siendo gobierno y poder ejecutivo uno y lo mismo. El tentáculo dividido de un pulpo sigue presionando como un organismo independiente, y cuando captura algo lo lleva donde anteriormente estaba la boca. J. von Uexküll estuvo muy acertado al llamar a la estrella y al erizo de mar «repúblicas reflejas».

Un observador de otro planeta que fuera un vitalista (es

decir, creyese que los procesos de la vida no son completamente explicables en términos de los principios científicos), tras observar la actividad humana en la tierra, podría postular la presencia de un jefe que nos encarcelase a todos al anochecer, liberándonos en las calles durante el día y reuniéndonos en determinados lugares a determinadas horas. Difícilmente pensaría que cada uno de nosotros, egoístas, querría aplacar su propia hambre independientemente de los demás, ver el cine solo y leer en el tren sin que le molesten. El modelo de distribución visto por el observador no-humano sería un «orden inintencional», un fenómeno común en la naturaleza que ya hemos observado en la *Dictyostelium amoebae,* y que voy a examinar ahora en acción en una comunidad de insectos.

El término «locura de las termitas» es válido solamente en un aspecto: todas las hembras obreras de una colonia de cualquier organismo semejante a las abejas son parientes con facultades más o menos parecidas. La reina no reina, sino que sólo pone huevos. No hay un jefe en la colmena, no hay policía ni jueces, no hay amenaza de prisión para forzar a los vagos a realizar sus arduas tareas. Ninguna abeja «desea» ni es capaz de ninguna otra cosa que no sea actuar en todo momento únicamente para el beneficio de la colmena. Los estómagos de las abejas tienen dos compartimentos. El compartimento delantero es un depósito de lo que no puede digerirse; las abejas recolectoras de alimento lo llenan y vuelven a la colmena. Si la actividad de vuelo hace que el contenido de azúcar de la sangre del insecto descienda por debajo del nivel crítico, un músculo abre la salida del estómago delantero y permite que un poco de alimento pase al posterior, «privado», que puede digerirlo. De este modo la abeja ni pasa hambre ni se da grandes banquetes. El transporte a la colmena de tanto néctar como es posible, está asegurado por el reflejo del músculo de cierre, y su sistema de control es involuntario. Otro ejemplo: un enjambre de abejas se asienta en algún sitio: los exploradores se alejan volando, y cada uno busca hasta que encuentra un lugar apropiado para la vida del enjambre. Los exploradores vuelven y realizan la danza de la cola ante el resto del enjambre.

Estas danzas indican a las otras abejas en qué dirección y a qué distancia pueden encontrar los sitios recomendados. Al principio, cada danzante habla de un sitio diferente, pero al cabo de un rato cada vez mayor número de abejas están de acuerdo en uno de ellos, y en cuanto todas están de acuerdo el enjambre

vuela para allá. El hombre solamente habla de democracia, las abejas la practican de hecho. Cualquiera de las cosas que estos altruistas innatos dan por supuestas, representaría un delicado problema para el hombre con su voluntad libre; factores hereditarios y de educación, particularmente en asuntos sociales, hacen al hombre totalmente distinto a la abeja. Ninguna institución —guardería, iglesia, estado, ley—, ningún hábito o costumbre llega ni siquiera de cerca a la realización de lo que estos insectos hacen a la perfección. Cuanto más densamente pobladas se vuelven las comunidades en crecimiento del hombre, mayores son los problemas sociales que pesan sobre él, y mejor haría en aprender de los animales en lugar de subestimarlos y despreciarlos.[a]

Así, una vez más nos hallamos contemplando una pauta de acción que algunos malinterpretarán como resultado de la planificación racional, consciente, como un principio activo dentro de todas las criaturas vivientes, especialmente los niños humanos y los animales. «Lo más adecuado para lograr un padre furioso es un niño que se comporte como un niño.» Una madre que no supo responder a su hija en la calle, le tiraba en vano de la mano gritándole: ¡mira!, ¡mira! Una persona que está a punto de atropellar a un niño con su coche, piensa: «Este estúpido debería saber que no puede cruzar la calle ahora.» Un pescador iza a su bote una marsopa en vez de un banco de peces; vacía la red, golpea con furia a la marsopa y a continuación la arroja al agua, diciendo: «Ahora acuérdate de no repetirlo.» Los cerdos de engorde, las vacas que paren en las factorías de alimentación y las baterías de gallinas son criadas para ser convertidas en salchichas, filetes y máquinas de poner huevos. No deben hacer más que comer, y no se les deja sitio para ninguna otra actividad.

La investigación en el comportamiento comparado es vitalmente necesaria, y sus resultados se darán a conocer a la gente corriente para que puedan saber lo que realmente necesitan los animales y cómo ayudarles. El hombre deberá estudiar a todas

a. Resulta grotesco que precisamente los científicos, que realizan un trabajo fundamentalmente intelectual, admiren tan bobaliconamente la «democracia» de los insectos sociales. ¿Acaso ellos renunciarían voluntariamente a su cerebro en favor de una mejor organización de la sociedad? ¿O será que pretenden convencernos a los demás de que lo hagamos? La sociedad de las abejas es tan democrática como la sociedad que forman las piezas de una máquina de lavar. Y lo que diferencia al hombre de la abeja no es el egoísmo, ni la educación, ni las instituciones. Es el pensamiento, tan despreciado por quienes más debieran apreciarlo. *(Nota del traductor.)*

las demás criaturas para poder descubrir lo que les falta, estudiar cómo se expresan, todos y cada uno de ellos, cada tipo de animal, cada tipo de persona, como un niño se expresa de diferente manera de un mes a otro. Y si alguien, en vez de llevar adelante tal investigación, diese la 999 respuesta a la pregunta de qué es lo que distingue al hombre del animal, entonces le preguntaríamos: ¿qué animal? ¿La ameba, el cachalote o el chimpancé?

Es muy incorrecto decir que los animales viven por instinto y que el hombre vive por la inteligencia. El niño humano llega al mundo como un gato, una criatura totalmente regida por el instinto. Su inteligencia se desarrolla primero gradualmente, como la de los animales superiores antes de que sean capaces de hablar. Con el lenguaje materno, el niño madura de diferente manera y —es de desear— continúa desarrollándose de esa manera durante el resto de su vida activa. Si en él no fuera innato el respirar, toser y estornudar, si no estuviera equipado desde el nacimiento con la capacidad de chupar, absorber y digerir, hubiera muerto ahogado o de hambre hace mucho, antes de haber tenido tiempo para aprender todas estas actividades. Tan pronto como las plumas del vencejo han crecido, se lanza al aire desde el nido, evita cualquier hilo telegráfico y vuelve sano y salvo. Si los pájaros tuviesen que aprender a volar a base de golpes, todos ellos se habrían estrellado contra el suelo al primer intento. Las pautas motoras específicas de cada especie que no pueden realizarse correctamente después del nacimiento son no-aprendidas. El organismo tiene que esperar hasta que la estructuras necesarias estén totalmente desarrolladas; entonces, repentinamente, toda la capacidad está disponible y el aprendizaje puede añadirse solamente aplicándolo. La conducta sexual de las especies es innata, aunque solamente será practicada mucho más tarde, cuando las glándulas sexuales hayan madurado y cuando otras glándulas hayan también segregado sus mensajes químicos en la sangre en las proporciones correctas.

Todos los instintos son, por tanto, innatos. Pero se vuelven activos solamente cuando el estado apetitivo correcto o «estado de ánimo» ha llegado, evidenciado en el *display* de cortejo para la cría, en el comer cuando se tiene hambre, en el beber cuando se tiene sed, en el cansancio para el sueño, en la furia para la lucha, en el miedo para el vuelo, etc. La fisiología de los diferentes estados de ánimo es la misma para todos los vertebrados, incluido el hombre. En el hombre los estados de ánimo llegan a un clímax subjetivamente, a través de las emociones que acompañan el curso de las pautas instintivas de comportamiento. Sospechamos que ello es igual en los animales.

«Mira con que alegría salta el pez en el pez en el agua», dijo Tschuang Tse. «Así es la alegría del pez.»

Hui Tse dijo: «Tú no eres un pez. ¿Cómo puedes hablar de la alegría del pez?»

Tschuang Tse dijo: «Conozco la alegría del pez por la alegría que yo experimento cuando lo observo desde el puente.»

Permítaseme tratar de explicar estas palabras —que fueron pronunciadas hace más de dos mil cien años— en el contexto de la historia de la evolución, y permítaseme tomarlas literalmente: como el plasma de los animales es el mismo plasma nuestro, sus cromosomas son nuestros mismos cromosomas, así su alegría es similar a la nuestra, su tristeza, miedo, ira, disgusto y dolor serán como los nuestros.[a] Al seguir su ciclo de carga emocional relativo a un objeto disponible, las pautas de comportamiento instintivo colman la correspondiente motivación. La persona hambrienta colma su necesidad comiendo, las criaturas cansadas duermen su agotamiento; de este modo están liberadas de nuevos estados emocionales («estados de ánimo»). Los estados de ánimo y sus pautas de cambio, la llamada jerarquía de estados motivacionales, forman la parte instintiva de esa compleja realidad que se suele llamar «voluntad».

Los mecanismos liberadores innatos determinan el objeto hacia el que se dirige cualquier pauta instintiva de comportamiento. La primera vez que se le ofrece el pecho de la madre, el bebé recién nacido chupa. Si se utiliza un sustituto demasiado frío o desagradable, el niño lo rechazará y llorará. Un macho de rata criado artificialmente, tan pronto como adquirió la madurez sexual, se puso en presencia de una rata hembra en celo que parecía de su propia especie, y su comportamiento fue apenas diferente al de cualquier rata macho experimentado. Pero se mostró completamente indiferente hacia las hembras de cualquier otra especie. Estas carecían de la señal estímulo que encajaba en el mecanismo liberador innato de la rata criada artificialmente, igual que una llave encaja en la cerradura. A lo largo de toda su vida, un animal busca señales estímulo que se ajusten a los mecanismos liberadores innatos del instinto apropiado a su estado de ánimo dominante, ensayando hasta que los encuentra.

a. De este mismo tipo son los argumentos de que se valen los practicantes de magia negra, vudú, etc., para dar una base a sus actividades. *(Nota del traductor.)*

Entonces la cerradura se abre, el modelo de comportamiento instintivo y su emoción emprenden su curso, el estado motivacional es satisfecho y se extingue. Pero si la búsqueda, el llamado «comportamiento apetitivo», no tiene éxito durante un largo período de tiempo, entonces un impulso puede ser refrenado en el punto en que la excitación se desencadena, y el modelo de comportamiento instintivo tiene lugar en el vacío o vuelve a dirigirse hacia un objeto sustituyente, como el acto de chuparse el pulgar o mascar chicle.

Pueden adquirirse nuevos componentes de comportamiento que se unan a los componentes heredados del comportamiento, actividades locomotoras innatas, mecanismos de orientación, instintos, estados motivacionales, emociones y mecanismos de liberación. Igual que las células hereditarias idénticas del embrión en desarrollo responden a los diferentes estímulos externos desarrollando diferentes órganos y tejidos, así el aprendizaje y la experiencia pueden modificar el comportamiento heredado a lo largo de la vida. Por lo menos a partir de la lombriz de tierra, ninguna criatura actúa simplemente por instinto; todas las criaturas aprenden al mismo tiempo que actúan por instinto, es decir, fabrican nuevas restricciones a sus mecanismos liberadores y añaden nuevas señales estímulo a las que han heredado. De este modo, la cría de pollo aprende a picotear piedras y sus propias patas, y a tragar sólo lo que sabe bien. Los mecanismos liberadores innatos del cortejo exigen un consorte de la misma especie. Una vez que un macho ha encontrado una pareja y logra conocerla personalmente, quiere sólo a *su* pareja, *su* territorio, etc. Lo que es innato es la medida de *cuanto* puede aprender una criatura, los mecanismos liberadores innatos determinan *lo que* puede aprender, y los estados motivacionales determinan *cuándo* encuentra su mejor momento para aprender y para conservar lo que ha aprendido. En el caso de los seres humanos, que han llegado a manifestar amplias diferencias hereditarias a través de una auto-domesticación, hablamos de manera semejante de dotación individual.

En mi anterior ensayo —que figura en este mismo volumen— discutí cómo, a diferencia del resto de los animales, el hombre llegó a desarrollar un lenguaje hablado y cómo, gracias a éste, se convirtió en hombre en el auténtico sentido de la palabra. Se ha demostrado que los animales superiores, junto con los niños humanos antes de poder hablar, operan con conceptos visuales no verbales, imágenes y juicios, exactamente como un hombre

adulto hace con palabras. En lugar de probar varias vías posibles al azar hasta dar con la solución correcta por accidente y entonces seguirla, lo que sería un procedimiento inteligente, los animales superiores y los niños humanos piensan primero una solución aproximada, y después actúan en base a su discernimiento. Pueden recordar caminos que han recorrido sólo una vez, pueden juntarse para una acción colectiva: en pocas palabras, su capacidad para el pensamiento no verbal les permite adaptar su comportamiento directamente a las nuevas condiciones externas con mucha más eficacia que se lo permitiría el mero aprendizaje. El pensamiento no verbal, como hemos visto, sirve para su propósito exactamente como cada órgano cumple sus funciones, y por las mismas razones evolutivas.

Sólo el hombre adulto ha dado *nombres* a todos estos conceptos averbales, ideas y juicios. De este modo, los seres humanos pueden hablar y pensar con palabras acerca de las cosas que los animales sólo pueden pensar en forma no verbal. Pero con frecuencia nosotros mismos pensamos en términos no verbales, igual que los animales superiores, antes de formular nuestros pensamientos en palabras. Y si nuestro pensamiento no verbal, que hemos heredado de los animales, no cumpliese su función, entonces nuestro lenguaje también sería inútil.

Pero una palabra no es lo que significa; es sólo un símbolo, y aún así, parcial y ambiguo. Nuestros sentidos comprenden únicamente una pequeña porción de lo que ocurre a nuestro alrededor, de forma puramente física y química, y de esa pequeña cantidad los mecanismos liberadores innatos eliminan todo lo que no les concierne. Finalmente, un hombre nunca puede describir enteramente aquello que es nombrado, sino sólo lo que el sujeto que lo nombra comprende con ello. Cada persona puede extraer un significado diferente del mismo objeto. De este modo, los sentidos representan un primer filtro, los mecanismos liberadores innatos un segundo, y las palabras un tercer filtro entre nuestra experiencia y los sucesos que ocurren en nuestro entorno. Por esta razón, la gente habla a veces del pasado y discute en vano. Ésta es la desventaja del lenguaje. Su inconmensurable ventaja es que mantiene los cimientos para el edificio del libre juego intelectual que está exclusivamente reservado al género humano, siempre, no obstante, en armonía con el pensamiento no verbal y en constante interacción con él. Ahora podemos dominar nuestros instintos, silenciarlos en vez de seguir ciegamente sus dictados como los animales. Ahora podemos creer en un Ser Supre-

mo, podemos responder ante él y ante nosotros mismos, podemos perseguir el arte y finalmente la ciencia, que nos abre una visión del universo y de su historia, como también de nuestra raza, y así nos permite hacer previsiones por medio de un cuidadoso planeamiento, para nosotros mismos y nuestros descendientes.

Han pasado casi tres mil años desde que Platón y Demócrito discutieran sobre ciencia y filosofía, hablaran sobre el todo y sus partes, sobre el destino, el azar, la libertad y la predeterminación, el vitalismo y el mecanicismo, la fe que todo lo abarca y es superior a la razón, la ciencia que sólo pertenece al mundo físico y afecta solamente a sus partes finitas, pero que posee su fiabilidad, siempre reproducible y firmemente cimentada, su infatigable tendencia al progreso. Pero todavía se levantan controversias sobre la palabra, a veces con efectos devastadores, como si los participantes fuesen incapaces de ver que una cosa dada tiene múltiples aspectos.

La actitud de los científicos que se enfrentan a una equilibrada comprensión del universo puede resumirse como sigue:

El azar y la necesidad son para los biólogos dos aspectos de la misma causación. La necesidad puede abarcarse en un único suceso, el azar sólo estadísticamente. Conscientes de que todos los planes, en lo fundamental y en lo accesorio, se realizan de acuerdo con las reglas, hablamos de propósito innato. Cada proceso ontogénico, cada secuencia de desarrollo es estrictamente intencional, pero evolutivamente el proceso es imprescindible. El fisiólogo analiza procesos causales y no reconoce ninguna barrera preexistente que pudiera ordenar la detención de sus actividades. El morfólogo ve entidades individuales, Gestalts ordenados según su propia armonía. Ningún biólogo es simplemente un fisiólogo o simplemente un morfólogo, sino que siempre combina los dos en una persona. Pero debe mantener sus dos conjuntos de métodos y sus dos lenguajes separados, igual que Bismarck —según se dice— replicó a una petición que había escrito, como terrateniente, a sí mismo como miembro del Consejo, con la respuesta «Denegado». En el limitado campo de la etología los dos conjuntos de métodos se reúnen de hecho, porque este campo toca la fisiología por un lado y aspectos psicológicos, tales como el aprendizaje y la memoria, por el otro, cuestiones estas que la fisiología aún no puede explicar.

Sin embargo, los vacíos ante los diferentes campos del conocimiento pueden llenarse, como Kant sabía. Ya que hablamos sobre la misma cosa en diferentes lenguajes, solamente nos hace falta aprender el lenguaje de los demás. Todos nosotros aprenderemos a ser intérpretes: únicamente así podremos encontrar el pacífico equilibrio que solamente tiene valor para los seres humanos y que es absolutamente necesario si queremos salvar los peligros que nos rodean.

GUERRA Y PAZ EN LOS ANIMALES Y EN EL HOMBRE[1]

N. TINBERGEN

1. Texto (ligeramente abreviado) de la conferencia inaugural del autor como Profesor de Comportamiento Animal, Departamento de Zoologia, Universidad de Oxford, 27 de febrero de 1968.

En 1935 Alexis Carrel publicó un *best-seller, El hombre, ese desconocido.* Hoy en día, más de treinta años después, los biólogos tenemos una vez más el deber de recordar a nuestros semejantes que, en muchos aspectos, somos todavía unos desconocidos para nosotros mismos. Es cierto que actualmente comprendemos gran parte de las vías de funcionamiento de nuestros cuerpos. Con esta comprensión llegó su control: la medicina.

La ignorancia sobre nosotros mismos que merece ponerse de relieve hoy día es la ignorancia acerca de nuestro comportamiento: la falta de comprensión de las causas y efectos del funcionamiento de nuestros cerebros. Una comprensión científica de nuestro comportamiento, que conduzca al control de éste, puede muy bien ser la tarea más urgente con la que se enfrenta la especie humana en la actualidad. Son los efectos de nuestra conducta los que comienzan a poner en peligro la supervivencia real de nuestra especie y, lo que es peor, de toda la vida sobre la tierra. Con nuestras conquistas hemos logrado un dominio de nuestro entorno que no tiene precedentes en la historia de la vida. Pero estas conquistas se nos van rápidamente de las manos. Las consecuencias de nuestra «rapiña de la tierra» asumen hoy día proporciones críticas. Con nuestra miope imprudencia agotamos los limitados recursos naturales, incluidos el oxígeno y el nitrógeno de nuestra atmósfera. Y la advertencia de Rachel Carson está siendo ahora observada por aquellos científicos que nos pintan un cuadro aún más tétrico de la polución general de aire, suelo y agua. Dicha polución amenaza gravemente nuestra salud y nuestras reservas alimentarias. La negativa a refrenar nuestro comportamiento reproductor ha conducido a la explosión demográfi-

ca. Y, por si ello fuera poco, nos declaramos la guerra unos a otros: el hombre lucha contra el hombre y lo asesina a una escala masiva. Porque los efectos de estos modelos de conducta, así como de las actitudes que determinan nuestro comportamiento, han adquirido en la actualidad tal potencia realmente mortal, es por lo que he escogido la ignorancia del hombre acerca de su propio comportamiento como tema de este trabajo.[a]

¿De dónde obtiene un estudiante del comportamiento animal la temeridad para hablar acerca de problemas del comportamiento humano? Desde luego, la historia de la medicina proporciona la respuesta. Todos sabemos que la investigación médica utiliza a los animales en amplia escala. Ello tiene sentido porque los animales, especialmente los vertebrados, son bastante semejantes a nosotros a pesar de las diferencias; son nuestros parientes de sangre, si bien lejanos.

Pero esta utilización de la investigación zoológica para una mejor comprensión de nosotros mismos es, para la mayoría de la gente, aceptable sólo cuando tenemos que tratar con aquellas funciones corporales que consideramos como partes de nuestra maquinaria fisiológica: por ejemplo, las funciones de nuestros riñones, nuestro hígado o nuestras glándulas productoras de hormonas. La mayoría de la gente se ofende en cuanto se sugiere tan sólo que los estudios del comportamiento animal podrían ser útiles para una comprensión, y no digamos para el control, de nuestra propia conducta. No quieren que su propio comportamiento sea sometido a examen científico; se ofenden al ser comparados con los animales, y estas actitudes de rechazo están tan profundamente arraigadas como complejo es su origen.

Pero actualmente estamos presenciando un giro en esta corriente de pensamiento humano. Por una parte, las resistencias se están debilitando y, por otra, se está incubando una conciencia positiva de las posibilidades de una biología del comportamiento. Esto se ha hecho bastante evidente a partir del gran interés suscitado por diversos libros recientes que están intentando, mediante estudios comparados de los animales y del hombre,

a. Una diferencia básica entre la ciencia y la metafísica es que aquélla busca las explicaciones de los fenómenos en causas internas a ellos, no externas. La guerra y la explotación irracional de los recursos naturales pertenecen a un orden de hechos sociales, y su explicación sólo se encontrará en las ciencias sociales. Además de que no todos los hombres matan y esquilman los recursos. Solamente los pocos que están en condiciones de poder hacerlo y de sacar beneficios de ello. *(Nota del traductor.)*

trazar lo que podríamos llamar «las raíces animales del comportamiento humano». Pondré como ejemplo el libro de Konrad Lorenz *Sobre la agresión* y *El mono desnudo*, de Desmond Morris. Ambos libros fueron *best-sellers* desde un principio. Naturalmente, los etólogos estamos encantados con este rápido crecimiento del interés por nuestra ciencia (a pesar de que los dolores del crecimiento son en ocasiones bastante duros de soportar). Pero al mismo tiempo somos desconfiados, o al menos yo lo soy.

Estamos encantados porque, a juzgar por las enormes ventas de estos y de otros libros, es evidente que el bloqueo mental contra el auto-estudio se está debilitando: hay cantidad de gente que, por así decirlo, quiere ser conmovida.

Pero soy desconfiado porque estos libros, cada uno de ellos admirable a su modo, están siendo mal leídos. Muy pocos lectores conceden a los autores el beneficio de la duda. Demasiados entre ellos aceptan en forma acrítica todo lo que los autores dicen, o bien (en forma igualmente acrítica) lo rechazan todo. Creo que ello ocurre porque tanto Lorenz como Morris insisten en nuestro conocimiento más bien que en nuestra ignorancia (y, además, presentan como conocimiento una serie de afirmaciones que, después de todo, no son más que probables conjeturas). Brillantes en sí mismos, estos libros podrían fortalecer a un nuevo nivel la actitud de seguridad, cuando lo que necesitamos es un sentimiento de duda y sorpresa, y un estímulo para investigar, para inquirir.

Ahora, en cierto modo, voy a ser tan dogmático como Lorenz y Morris, pero lo que voy a subrayar es todo lo que no conocemos. Razonaré que tendremos que realizar un mayor esfuerzo de investigación. Desde luego, estoy completamente seguro de que muchas investigaciones se están dedicando ya a los problemas del comportamiento humano, e incluso del animal. Sé, por ejemplo, que los antropólogos, psicólogos, psiquiatras y demás están enfocando estos problemas desde muchos ángulos diferentes. Pero trataré de mostrar que el esfuerzo de investigación ha hecho un uso muy insuficiente de las posibilidades de la etología. Los antropólogos, por ejemplo, están empezando a fijarse en los animales, pero limitan su trabajo casi enteramente a nuestros parientes más cercanos, los simios y los monos. Los psicólogos estudian una variedad más amplia de animales, pero también ellos seleccionan principalmente las especies superiores. También ellos ignoran determinados problemas fundamentales que

los biólogos creemos haber estudiado. Los psiquiatras, por lo menos muchos de ellos, manifiestan una tendencia desconcertante a aplicar al hombre los *resultados* de la etología más bien que sus *métodos*.

Ninguna de estas ciencias, ni siquiera sus esfuerzos asociados, forman parte por ahora de una ciencia coherente del comportamiento. Puesto que el comportamiento es un proceso de la vida, su estudio debería formar parte de la corriente de investigación biológica. Esta es la razón por la que nosotros los zoólogos debemos «unirnos a la refriega». Como etólogo, voy a tratar de esbozar la forma en que mi ciencia podría ayudar a sus ciencias hermanas en sus intentos, ya bien establecidos, para realizar en un amplio frente unido un ataque verdaderamente biológico de los problemas del comportamiento.

Considero que mi mejor forma de colaborar es discutir lo que existe en la etología que pudiera ser útil a las demás ciencias del comportamiento. Lo que nosotros los etólogos no deseamos, lo que consideramos definitivamente erróneo, es una aplicación acrítica de nuestros resultados al hombre. En lugar de ello, al menos yo personalmente pienso que es nuestro método de aproximación, nuestro razonamiento, lo que podemos ofrecer, y también un poco de sentido común y disciplina.

La posible utilidad de la etología reside en el hecho de que, a diferencia de las demás ciencias del comportamiento, aplica el método de «aproximación» de la biología al fenómeno del comportamiento. Ha desarrollado una serie de conceptos y términos que nos llevan a preguntar:

1. ¿De qué modo este fenómeno (el comportamiento) influye en la pervivencia, en el éxito del animal?
2. ¿Qué es lo que hace que el comportamiento ocurra en un momento dado? ¿Cómo trabaja su «maquinaria»?
3. ¿Cómo se desarrolla la maquinaria del comportamiento cuando el individuo crece?
4. ¿Cómo han evolucionado los sistemas de comportamiento de cada especie hasta llegar a lo que son ahora?

La primera cuestión, la del valor de la supervivencia, tiene que ver con los efectos del comportamiento; las otras tres están, cada una en una escala de tiempo diferente, relacionadas con otras causas.

Estas cuatro cuestiones son, como muchos de mis colegas

biólogos reconocerán, las principales cuestiones que ha estado persiguiendo la biología durante largo tiempo. Lo que está haciendo la etología puede describirse simplemente diciendo que, igual que un biólogo investiga el funcionamiento de los órganos responsables de la digestión, respiración, circulación, etc., el etólogo empieza a hacer lo mismo ahora con respecto al comportamiento; investiga el funcionamiento de los órganos responsables del movimiento.

Tengo que poner en claro que, en mi opinión, es el ataque unificado y comprensivo de los cuatro problemas lo que caracteriza a la etología. Trataré de demostrar que el hecho de ignorar las cuestiones del valor de la supervivencia y de la evolución —como hacen, por ejemplo, la mayoría de los psicólogos— no sólo revela miopía, sino que hace imposible llegar a una comprensión de los problemas del comportamiento. Aquí la etología puede hacer, de hecho ya las está haciendo, positivas contribuciones.

Una vez hecha mi defensa de la etología animal como una parte esencial de la ciencia del comportamiento, ahora tendré que describir cómo podría llevarse a cabo. Para ello tendré que considerar un ejemplo concreto, y elijo la agresión, la más directamente mortal de todas nuestras conductas. Y, por razones que estarán claras, haré también una pequeña incursión por los problemas de la educación.

Trataré de definir en primer lugar lo que quiero decir con agresión. Todos nosotros entendemos el término de un modo vago y general, pero después de todo no es más que un lugar común. En términos del comportamiento actual, la agresión significa acercarse a un adversario y, cuando se le ha alcanzado, acosarlo, inflingirle un daño del tipo que sea, o al menos obligarle mediante amenazas a que se someta. En esta descripción el efecto es ya implícito: tal comportamiento tiende a eliminar al adversario, o al menos a obligarle a cambiar su comportamiento de tal modo que no vuelva a enfrentarse al atacante. Los métodos de ataque varían de una especie a otra, y del mismo modo las armas utilizadas, las estructuras que contribuyen al efecto.

Como me estoy concentrando en la lucha del hombre contra el hombre, me limitaré a la lucha intraespecífica, e ignoraré por ejemplo la lucha entre predadores y presas. La lucha intraespecífica es muy corriente entre los animales. Muchos de ellos luchan en dos contextos diferentes, que podemos denominar «ofensivo» y «defensivo». La lucha defensiva se manifiesta con frecuencia

como el último recurso de un animal que, en lugar de atacar, ha sido puesto en fuga por un atacante. Si es acorralado, puede volverse repentinamente hacia su enemigo, y «luchar con el valor de la desesperación».

De las cuatro cuestiones que he mencionado antes, consideraré en primer lugar la del valor de la supervivencia. Aquí la comparación nos enfrenta directamente con una sorprendente paradoja. Por una parte, el hombre se parece a muchas especies de animales en que lucha con los de su propia especie. Pero por otra parte es, entre los miles de especies que luchan, la única en la que la lucha es destructiva.

En los animales, la lucha intraespecífica es normalmente muy igualada. Además, todas las especies tienen como regla solucionar sus disputas sin matarse unos a otros: de hecho el derramamiento de sangre, incluso, es raro. El hombre es la única especie que se compone de asesinos de masas, es lo único que no ajusta bien en su propia sociedad.

¿Por qué es así? Para dar una respuesta, tendremos que volver a la cuestión de la motivación. ¿Qué es lo que hace que el hombre y los animales luchen con los miembros de su propia especie?, y ¿por qué es nuestra especie la «oveja negra»?

Para una fructífera discusión de este tema de la motivación, tendré primero que discutir lo que queremos decir exactamente cuando lo preguntamos.

Ya he indicado que al pensar en la motivación debemos distinguir entre tres cuestiones diferentes, y que éstas se diferencian entre sí en la extensión del período de tiempo considerado. En primer lugar, preguntamos: suponiendo un animal adulto que lucha una y otra vez, ¿qué es lo que provoca que surja cada arranque de lucha? La escala de tiempo en la que consideramos estos sucesos recurrentes es normalmente del orden de segundos o de minutos. Para emplear una analogía, esta cuestión es comparable a la que se plantea al preguntar qué hace que el coche arranque o se pare cada vez que lo utilizamos.

Pero al preguntar la misma cuestión general de la motivación («¿Qué hace a un animal luchar?») nos podemos referir también un período de tiempo más largo; podemos querer decir: «¿Cómo el animal, a medida que crece, ha desarrollado este comportamiento?» Esto se puede comparar a grandes rasgos con la pregunta de cómo se ha construido un coche en la fábrica. La distinción entre estas dos cuestiones sigue siendo útil aunque sepamos que muchos animales continúan su desarrollo (muy retardado)

aún después de haber alcanzado el estado adulto. Por ejemplo, pueden seguir aprendiendo.

Finalmente, en biología, así como en tecnología, podemos extender esta escala de tiempo más aún, y preguntar: ¿Cómo han adquirido las especies animales que observamos en la actualidad —y que sabemos han evolucionado a partir de antepasados muy diferentes— sus sistemas particulares de comportamiento a lo largo de esta evolución? Desgraciadamente, si bien conocemos la evolución de los automóviles debido a que han evolucionado muy rápidamente y han sido enteramente registrados, el comportamiento de los animales extinguidos no puede ser observado, y debe de reconstruirse por métodos indirectos.

Trataré de justificar la declaración que he hecho antes, y de demostrar cómo estas cuatro cuestiones —la del valor de la supervivencia del comportamiento y las tres cuestiones de la motivación— tienen que formar parte de la argumentación si vamos a comprender la biología de la agresión.

Consideremos en primer lugar la motivación a corto plazo; el mecanismo de lucha. ¿Qué es lo que nos hace luchar en un momento cualquiera? Lorenz aduce en su libro que, tanto en los animales como en el hombre, existe un impulso interno de ataque. Un individuo no espera simplemente ser provocado sino que, cuando no ha sido posible un ataque real durante algún tiempo, este impulso de lucha se desarrolla hasta que el individuo busca activamente la oportunidad de satisfacerse luchando. La agresión, afirma Lorenz, puede ser espontánea.

Pero este punto de vista ha sido puesto en tela de juicio. Por ejemplo, R. A. Hinde ha escrito una crítica completa, basada en un trabajo reciente sobre agresión en los animales, en la que escribe que «los argumentos de Lorenz en favor de la espontaneidad de la agresión no soportan una revisión» y que «la opinión contraria, expresada prácticamente en todos los libros de texto de psicología comparada...» es que la lucha «se origina principalmente en la situación»; y de un modo todavía más explícito: «No hay necesidad de postular causas que son puramente internas al agresor.» A primera vista parecería como si Lorenz y Hinde estuvieran en profundo desacuerdo. He leído y releído a ambos autores, y para mí está perfectamente claro que las afirmaciones y malas interpretaciones desatadas por ambas partes han hecho creer que existe desacuerdo donde lo que existe en realidad es algo muy parecido a una opinión común. Me parece que las diferencias entre los dos autores resi-

den principalmente en el distinto modo de considerar las variables internas y externas. A su vez, esto parece deberse a diferencias de naturaleza semántica. Lorenz utiliza la desafortunada expresión de la «espontaneidad de la agresión». Hinde entiende con ello que, desde el punto de vista de Lorenz, los estímulos externos no son necesarios en absoluto para que un animal luche. Pero en esto, Hinde subestima a Lorenz, porque en ninguna ocasión afirma este último que el impulso interno haga incluso luchar a un animal en el vacío; alguien o algo resulta atacado. Esta mala interpretación hace que Hinde piense que ha refutado la opinión de Lorenz al decir que «la lucha se origina principalmente en la situación». Pero ambos autores están convencidos del hecho de que la lucha es iniciada por diversas variables, algunas de las cuales son internas y otras externas. Lo que ambos autores saben, y que no puede ponerse en duda, es que el comportamiento de lucha no es como la simple máquina que entrega un billete de metro cada vez que se introduce una moneda de tres peniques. Pongamos un ejemplo con animales: un gasterósteo macho no exhibe siempre el comportamiento de lucha completo como respuesta a un acercamiento de un adversario típico; su respuesta varía entre una absoluta indiferencia a los estímulos máximos en algunas ocasiones, y un ataque completo frente a un burdo maniquí en otras. Esto significa que su estado interno varía, y en este caso particular sabemos por el trabajo de Hoar que el nivel de hormona sexual masculina es una variable importante.

Otra fuente de desavenencia parece tener que ver con la longitud del período de tiempo que los dos autores toman en cuenta. Lorenz considera indudablemente las causas de un arranque de lucha en términos de segundos, o de horas, o quizá de días. Hinde parece considerar sucesos que pueden haber ocurrido más atrás en el tiempo; un hecho que en determinado momento es «interno» bien puede a su vez haber sido incluido previamente por agentes externos. En nuestro ejemplo del gasterósteo, el nivel de hormona masculina es influido por agentes externos como la longitud de exposición diaria a la luz durante un período de un mes o así. O, no tan atrás en el tiempo, su disposición al ataque puede haber sido influida por alguna experiencia tenida, digamos, media hora antes de la lucha.

He dedicado demasiado tiempo aquí a algo que parece ser una cuestión muy simple: el primer paso en el análisis de la motivación a corto plazo, que consiste en distinguir en cualquier

momento dado entre variables dentro del animal y variables en el medio ambiente. Desde luego, es importante para una mayor comprensión descifrar las complejas interacciones entre estos dos mundos, y en particular la fisiología del comportamiento agresivo. Gran parte de todo esto está siendo descubierto, pero para la cuestión que trato no vale la pena discutirlo cuando todavía el primer paso del análisis no nos ha llevado a una conclusión claramente expresada y generalmente aceptada. Debemos recordar que en este momento nos estamos refiriendo al problema humano: «¿Qué hace que los hombres se ataquen entre sí?» Y para este problema, la respuesta a la primera etapa de nuestra cuestión es de capital importancia: Nuestra disposición a comenzar un ataque, ¿es constante o no? En el caso de que sí lo fuera —de que nuestra conducta agresiva fuera el resultado de un aparato con las propiedades de la máquina tragaperras— todo lo que tendríamos que hacer sería controlar la situación externa: dejar de suministrarle monedas de tres peniques. Pero, puesto que nuestra disposición a comenzar un ataque es variable, nuevos estudios tanto de las variables externas como internas son vitales para interrogantes como ésta: ¿Podemos reducir la lucha haciendo descender la densidad de la población, o reprimiendo los estímulos provocadores? ¿Podemos hacerlo alterando el equilibrio hormonal u otras variables fisiológicas? ¿Podremos además controlar nuestro desarrollo de forma que cambie la dependencia de los factores internos y externos en el hombre adulto? Sin embargo, antes de discutir el desarrollo, debo volver al hecho que he mencionado antes, que el hombre es, a saber entre los miles de especies que luchan, el único asesino de masas. ¿Cómo evitan los animales en sus disputas intraespecíficas el derramamiento de sangre?

La clave de este problema es reconocer el simple hecho de que la agresión en los animales raramente ocurre en forma pura: es solamente uno de los dos componentes de un sistema adaptativo. Esto se observa más claramente en el comportamiento territorial, aunque también se cumple para la mayoría de los demás tipos de comportamiento hostil. Los miembros de las especies territoriales se reparten entre ellos el espacio vital y las oportunidades disponibles para cada individuo, defendiendo el límite de su casa frente a los competidores. Ahora bien, en este sistema de parcelación del espacio vital, la evitación juega un papel tan

importante como el ataque. En pocas palabras, los animales de las especies territoriales, una vez establecidos en un territorio, atacan a los intrusos; pero un animal que está buscando todavía un territorio adecuado o que se encuentra fuera del límite de su casa, se retira al encontrarse con un propietario ya establecido. En términos de función, una vez que se ha tomado posesión de un territorio, se está obligado a expulsar a los competidores; pero cuando se está buscando todavía un territorio (o se encuentran dos vecinos en el límite común) las posibilidades de éxito aumentan si se evita a dicho propietario establecido. El luchador fiero que «no conoce el miedo» no llega muy lejos. Para llegar a una comprensión de lo que sigue, este hecho, que los encuentros hostiles son controlados por lo que podríamos llamar el «sistema de evitación del ataque», es esencial.

Cuando los propietarios de territorios vecinos se encuentran cerca de su límite común, ambos comportamientos de ataque y de retirada se despiertan en los dos animales; cada uno de ellos se encuentran en un estado de conflicto motivacional. Sabemos bastante acerca de la diversidad de movimientos que aparecen cuándo se despiertan estos dos comportamientos conflictivos e incompatibles. Muchas de estas expresiones de un conflicto motivacional, a lo largo de la evolución, han adquirido valor de señales; en el lenguaje coloquial, indican «¡Fuera». Se deduce del hecho de que los oponentes responden a ello del modo apropiado: en vez de proceder a la invasión, lo que requeriría el uso de la fuerza, los intrusos se retiran, y los vecinos se contienen entre ellos. Así es como los animales han logrado gozar de todas las ventajas de su comportamiento hostil sin ninguna de las desventajas: dividen sus espacios vitales de un modo incruento utilizando estos movimientos conflictivos como dispositivo para mantener distancias («amenaza») en vez de para la lucha real.

En orden a considerar nuestras guerras en su verdadera perspectiva biológica, resulta útil una comparación con los animales. Hasta ahora he hablado de especies animales que defienden territorios individuales, o como núcleo de su pareja. Pero también hay animales que poseen y defienden territorios pertenecientes a un grupo o a un clan.

Hay una faceta esencial del territorialismo de grupo que los miembros de un clan exhiben en el caso de un enfrentamiento hostil con otro grupo que se acerca o que cruza su territorio de

caza. La unidad y la agresión son igualmente importantes. Hay que subrayar que el territorialismo de grupo no excluye las relaciones hostiles a nivel inferior cuando el grupo está en sus propiedades. Por ejemplo, dentro de un grupo hay con frecuencia un orden de picoteo. Y dentro del grupo puede haber territorios individuales o de pareja. Pero las fricciones debidas a estas relaciones se desvanecen en el caso de un encuentro entre grupos. Esta eliminación temporal se lleva a cabo por medio de las llamadas señales de apaciguamiento y confianza. Dichas señales indican «soy un amigo», y así disminuyen el riesgo de que, en el acaloramiento de la batalla, algún animal «la tome» con un compañero del mismo grupo. Los clanes mantienen a los clanes como unidades, y en un choque entre grupos, cada individuo, mientras está unido a sus compañeros, se debate entre el ataque y la huida, y adopta posturas y grita en vez de atacar (igual que en un encuentro entre individuos).

Vamos a considerar ahora la hipótesis (que estimo más probable) de que el hombre aún lleva consigo la herencia animal de la territorialidad de grupo. Ésta es una cuestión relativa al origen evolutivo del hombre, y aquí estamos, por la naturaleza del tema, obligados a especular. Como voy a hablar sobre el comportamiento de nuestros antepasados de hace, digamos, cien mil años, discutiré brevemente una cuestión de metodología. Todos los biólogos saben (pero, por desgracia, casi todos los psicólogos ignoran) que la comparación de las especies actuales puede proporcionarnos una profunda visión, probablemente muy próxima a la realidad, sobre la historia evolutiva de las especies animales. Incluso donde falta evidencia fósil, este método comparativo puede suplirla por sí solo. Se ha hecho hincapié en que esta comparación es un procedimiento muy sofisticado, y no simplemente cuestión de decir que la especie A es distinta de la especie B. El procedimiento básico es el siguiente: interpretamos diferencias entre especies realmente próximas como resultado de una divergencia adaptativa que evolucionó a partir de un tronco común, e interpretamos las semejanzas entre dos especies no relacionadas como convergencias adaptativas, a modo de vida semejantes. Estudiando las funciones adaptativas de especies características comprendemos cómo pudo la selección natural haber producido estas divergencias y estas convergencias. Un ejemplo claro: aunque no disponemos de pruebas fósiles, podemos, por este método únicamente, reconocer a las ballenas como lo que son —mamíferos que han vuelto al agua— y que, al hacer

esto, han desarrollado algunas semejanzas con los peces. Este tipo especial de comparación, que con tanto éxito han aplicado los que estudian las estructuras animales, se ha utilizado también ahora, y con el mismo éxito, en diversos estudios de comportamiento animal. Se han aplicado dos enfoques. Uno es ver en qué aspectos se han adaptado a un mismo modo de vida especies muy diferentes de origen. Von Haartman ha aplicado dicho enfoque al estudio de los diversos tipos de aves que nidifican en agujeros, un dispositivo de seguridad frente a los predadores. Todos ellos centran su lucha territorial en torno a un nido de agujero adecuado. Su cortejo consiste en atraer a la hembra a este agujero (con frecuencia haciendo uso de estructuras de colores brillantes). Sus crías abren la boca cuando un oscurecimiento general señala la llegada del padre. La mayoría de las especies recientemente adaptadas ponen huevos uniformemente coloreados de blanco o azul claro, que pueden ser fácilmente vistos por el padre.

Un ejemplo de divergencia adaptativa ha sido estudiado por Cullen. De entre todas las gaviotas, la tridáctila es la única que nidifica en los estrechos bordes de los acantilados. Mistress Cullen ha observado más de veinte peculiaridades de esta especie que podrían considerarse adaptaciones vitales a este hábitat particular.

Éstos y otros estudios semejantes demostraron cómo la comparación revela, en cada especie, sistemas de rasgos adaptativos interrelacionados y muy intrincados. En este trabajo, la especulación empieza a ir seguida de una cuidadosa investigación experimental. Resulta tentador extenderse sobre el tema, pero debo volver a nuestra propia y desafortunada especie.

Ahora, cuando incluimos al «mono desnudo» en nuestros estudios comparados, parece probable (como hace poco Morris ha estudiado con gran detalle) que el hombre es «un mono social que se ha vuelto carnívoro». Por una parte es un primate social; por otra, ha desarrollado semejanzas con los lobos, leones y hienas. En nuestro actual contexto una cosa parece estar establecida claramente, una conclusión que considero de importancia capital para todos nosotros, y que sin embargo aún no ha sido plenamente aceptada como tal. Como primate social, cazador, el hombre debe haber estado organizado en sus orígenes en grupos territoriales.

Los etólogos se inclinan a creer que todavía llevamos con nosotros unas cuantas características comportamentales de nuestros antepasados animales, que no pueden eliminarse por los diferentes procedimientos de la educación, y el territorialismo de grupo es uno de esos caracteres ancestrales. Discutiré más tarde el problema de la modificabilidad de nuestro comportamiento, pero es útil apuntar aquí que incluso si nuestro comportamiento fuera mucho más modificable de lo que Lorenz mantiene, nuestra evolución cultural, que resultó en la parcelación de nuestro espacio vital en líneas tribales, nacionales, y ahora incluso en bloques, habría tendido, ella sola, a realzar el territorialismo de grupo.

He puesto tanto énfasis sobre este tema del territorialismo de grupo porque la mayoría de los que han tratado de aplicar la etología al hombre lo han hecho equivocadamente. Han cometido el error, al que me refería antes, de extrapolar sin crítica los resultados de los animales al hombre. Tratan de explicar el comportamiento humano utilizando hechos que sólo son propios de algunos animales que hemos estudiado. Y, como los etólogos señalan, no hay dos especies que se comporten igual. Por tanto, en vez de seguir este camino fácil, debemos estudiar al hombre en su propio ser. Y repito que el mensaje de los etólogos es el de los métodos más que el de los resultados; la etología debe utilizarse como método de estudio.

La noción de territorio fue desarrollada por los zoólogos (para ser exacto, por los ornitólogos), y como se encontraron territorios individuales de pareja en muchas más especies que en las que se hallaron territorios de grupo (que son especialmente raros entre las aves), la mayoría de los estudios animales se refieren a estos territorios individuales y de pareja. Tales territorios de bajo nivel sí se dan en el hombre, al igual que otra forma de comportamiento hostil, el orden de picoteo. Pero los problemas creados por tales fricciones de bajo nivel no son importantes; pueden, dentro de una comunidad, mantenerse bajo control por medio del aparato de la ley y el orden; es posible mantener la paz dentro de los límites de una nación. Para comprender qué nos hace ir a la guerra, debemos reconocer que el hombre se comporta como una especie con territorio de grupo. Nos unimos mucho ante un peligro exterior que amenace al grupo; «olvidamos nuestras diferencias». Disponemos de muchos gestos de amenaza: por ejemplo, expresiones faciales de enfado. Y todos nosotros usamos las señales de confianza y apacigua-

miento, tales como una sonrisa amistosa. Y (a diferencia del lenguaje) son universalmente comprendidas; trascienden la cultura; son específicas de la especie. E, incidentalmente, incluso en un grupo que comparte un lenguaje común suele haber procedimientos más de fiar que el lenguaje para averiguar las intenciones del hombre, puesto que el lenguaje (como sabemos ahora) raramente refleja nuestras verdaderas razones, y a menudo «nos traicionan» las expresiones de la cara.

Me permitiré una pequeña divagación: es humillante para nosotros los etólogos que muchos no científicos, especialmente novelistas y actores, comprendan intuitivamente el lenguaje de la mímica mucho mejor que nosotros los científicos. Y, lo que es peor, hay una categoría de seres humanos que comprenden intuitivamente más cosas sobre la motivación de nuestro comportamiento agresivo: los grandes demagogos. Aplican este conocimiento para controlar nuestra conducta del modo más astuto, y a menudo con los propósitos más rastreros. Por ejemplo, Hitler (que tenía a su disposición los modernos medios de comunicación de masas, que le permitían inflamar a toda la nación) actuó sobre ambas tendencias de lucha. Exaltó la «lucha defensiva» con sus apasionadas afirmaciones sobre el «espacio vital», el «cerco», los judíos y la Francmasonería como poderes que amenazaban con hacer sentirse a los alemanes «arrinconados». Del mismo modo alabó la «lucha de ataque» utilizando el mito del pueblo Ario. Debemos asegurarnos de que el género humano ha aprendido la lección y no olvide jamás los desastrosos efectos que acarreó; con que solamente una de las primeras naciones de la tierra fuese dirigida ahora por un hombre como Hitler, la vida podría desaparecer del planeta.

He razonado mi caso concentrándome en estudios de territorialidad de grupo más que en otros tipos de agresión. Debo ahora volver, en este contexto, al problema del hombre como asesino de masas. ¿Por qué no resolvemos nuestras disputas internacionales por el relativamente inofensivo medio de la amenaza? ¿Por qué tenemos que sacar las cosas de quicio hasta el punto de que con frecuencia nuestros ataques estallan sin ser controlados por el miedo? No es que no tengamos miedo, ni tampoco que no tengamos otras inhibiciones frente al crimen. Este problema debe considerarse, ante todo, en el contexto general de las consecuencias que tiene para el hombre el haberse embarcado en su nuevo tipo de evolución.

El hombre tiene la capacidad, sin parangón en todo el reino animal, de legar sus experiencias de una generación a la siguiente. Por este proceso acumulativo y creciente en forma exponencial, que llamamos evolución cultural, ha logrado cambiar progresivamente su entorno hasta hacerlo irreconocible. Y esto incluye el entorno social. Este nuevo tipo de evolución marcha a un paso incomparablemente más rápido que la evolución genética. Genéticamente no hemos evolucionado demasiado desde el hombre de Cro-Magnon, pero culturalmente hemos cambiado enormemente, y seguimos cambiando a un ritmo cada vez más rápido. Desde luego, es cierto que somos muy adaptables individualmente, y que podría esperarse que nos mantendremos al ritmo de estos cambios. Pero no soy el único en creer que esta adaptabilidad del comportamiento, como todos los tipos de modificabilidad, tiene sus límites. Estos límites nos vienen impuestos por nuestra constitución hereditaria, una constitución que solamente puede cambiar a la mucho más lenta velocidad de la evolución genética. Hay buenas razones para pensar que el límite de la capacidad de adaptación del comportamiento humano ha sido sobrepasado por los cambios determinados culturalmente en su entorno social, y por ello el hombre es ahora un inadaptado en su propia sociedad.[a]

a. El hombre no se ha embarcado en ningún nuevo tipo de evolución. La aparición de la evolución social y la aparición del hombre en realidad son aspectos del mismo fenómeno. La «sociedad humana» no es algo que exista fuera del hombre; es el modo en que los hombres organizan su convivencia y su interrelación. Por tanto, y en principio, no puede afirmarse que el hombre sea un inadaptado a su sociedad.

La sociedad humana no *cambia* rápidamente: *evoluciona* rápidamente. Esto significa que cambia en una dirección determinada: la que lleva de la necesidad a la libertad (aunque, naturalmente, hay avances, retrocesos y rodeos). Es decir, que según pasa el tiempo la sociedad cambia de forma que cada vez más necesidades del hombre se ven colmadas, que cada vez el hombre puede realizarse más como hombre.

¿Cómo explicar entonces el hecho —innegable— de la inadaptación de los hombres a la sociedad? La raíz del problema está en que no hay *una* humanidad, en que estudiar los problemas sociológicos partiendo de la consideración biológica del hombre como especie no conduce a nada. Para poder comprender la inadaptación a la sociedad hay que comprender la *división* en clases de los hombres que forman la sociedad. Porque ocurre que solamente una parte de los hombres son inadaptados: los más pobres, mientras que los más ricos no sólo están perfectamente adaptados, sino que además defienden con uñas y dientes la actual organización social. Y también ocurre que el número de personas inadaptadas y adaptadas varía amplísimamente de unos tipos de sociedad a otros y de unas épocas a otras. *(Nota del traductor.)*

Podemos ahora, al menos, volver al problema de la guerra, de la matanza incontrolada de masas. Parece muy claro que nuestra evolución cultural está en la raíz del problema. Es nuestra evolución cultural la que ha provocado la explosión demográfica. En poco espacio, la ciencia médica, empeñada en la reducción del sufrimiento, ha prolongado por ello mismo la vida de muchos individuos, hasta bastante más allá de la época de fertilidad. A diferencia de la situación en los animales salvajes, el crecimiento de la población humana supera ampliamente las pérdidas por muerte. La destreza técnica ha logrado hasta ahora cultivar alimento y explotar otros recursos naturales de forma que aún puede alimentarse (si bien escasamente) el enorme número de seres humanos de nuestro atestado planeta. El resultado es que ahora vivimos con una densidad mucho mayor que aquella en la que la evolución genética moldeó a nuestra especie. Esto, junto con las comunicaciones a largas distancias, conduce a contactos intergrupos mucho más frecuentes, de hecho continuos, y así a una continua provocación externa de la agresión. Pero esto sólo no explica nuestra creciente tendencia a matar a los demás; simplemente nos llevaría a un continuo comportamiento de amenaza.

El trastorno del equilibrio entre agresión y miedo (y esto es lo que provoca la guerra) se debe al menos a otras tres consecuencias de la evolución cultural. Es un viejo fenómeno cultural el hecho de que los soldados tienen lavado el cerebro y están adiestrados para una lucha sin cuartel. Tienen lavado el cerebro hasta el extremo de que creen que la huida, un tipo de comportamiento adaptativo, es despreciable, «cobarde». En mi opinión, esto se debe al hecho de que el hombre, aceptando que en asuntos de moral la muerte debe ser preferible a la huida, ha aplicado erróneamente el concepto moral de «cobardía» a cuestiones de simple importancia práctica (la división del espacio vital). El hecho de que nuestros soldados estén también forzados en la actualidad a una lucha sin cuartel (siendo castigados los que desertan en la batalla) es demasiado conocido como para que merezca comentarse.

Otro exceso cultural es nuestra habilidad para hacer y usar herramientas de matar, especialmente armas de largo alcance. Éstas facilitan el hecho de matar, no sólo porque una lanza o una maza inflinjen, con el mismo esfuerzo, mucho más daño que el puño, sino también y sobre todo porque el uso de armas de largo alcance impide a la víctima hacer llegar al adversario las señales de confianza, apaciguamiento y dolor. Muy pocos de los aviadores que están dispuestos, realmente deseosos, de lanzar sus bombas «sobre el blanco» estarían dispuestos a estrangular, apuñalar o quemar niños (o adultos) con sus propias manos; dejarían rápidamente de matar, en respuesta a las señales de apaciguamiento y dolor de sus adversarios.

Estos tres factores por sí solos serían suficientes para explicar cómo nos hemos convertido en los criminales desequilibrados que somos. Debo recalcar una vez más que todo esto, aunque me parece convincente, requiere un estudio más profundo.[a]

Hay una terrible e irónica paradoja en esta conclusión: que el cerebro humano, el sistema de mantenimiento de la vida más elaborado que ha formado la evolución, ha hecho a nuestra espe-

a. Ciertamente que requiere un estudio más profundo, pero sobre todo más serio. ¿Cómo es posible que alguien trate de explicar un hecho planeado con tanta sofisticación y frialdad como es la guerra por medio de instintos agresivos? ¿Quién es aquí el agresor? ¿Quién «colma» su motivación agresiva? Es un hecho que casi ninguno de los jóvenes que están cumpliendo su servicio militar obligatorio quiere «ir a la guerra». Sin embargo, son ellos los que realmente matan, lo cual parece indicar que el «ansia de matar» nace de algún otro sitio que los «instintos agresivos». En una guerra los soldados matan porque si no lo hacen, sus oficiales —por medio de otros soldados— los fusilarán.

Cualquiera que lea los periódicos sabe que tras las guerras se mueven intereses económicos: ganancias para los fabricantes de armas, de acero, etc., la posibilidad de nuevas fuentes baratas de aprovisionamiento para los traficantes de materias primas, posiciones estratégicas para nuevas incursiones... Parece, pues, que hemos dado con los agresores. Sin embargo, muchos de ellos serán incapaces de matar una mosca. Y si son muy agresivos, mal podrán descargar su motivación si envían a los soldados en vez de ir ellos personalmente a la guerra. Además, si hay tanta gente implicada en el asunto, ¿quién debería adoptar las «posturas de amenaza»? ¿Los soldados, los oficiales o los industriales? Y ¿ante quién? Por otra parte, Tinbergen afirma que las agresiones entre miembros de un mismo grupo carecen de importancia, porque «pueden ser controladas por la policía». Pero, sin embargo, son agresiones, que deben de obedecer —según la tesis del autor— a motivaciones semejantes a las que llevan al hombre a la guerra. Pese a ello, no les da importancia y se muestra partidario del control policial que —también según su tesis— no arregla nada, puesto que en vez de eliminar o desviar la agresividad de las personas, utiliza a su vez la agresión (en términos biológicos, tan violento es el activista que perturba el orden como el policía que lo mantiene).

No pretendo con esto negar la existencia de impulsos agresivos ni del instinto de territorialidad en el hombre. Puede haberlos. Lo que sí afirmo es que ellos no pueden explicar el fenómeno social de la guerra. Los políticos, industriales, militares, etc., pueden servirse de la supuesta agresividad de sus soldados, exaltarla y convertirlos en seres desequilibrados para que resulten más eficaces en la lucha. Pero en cualquier caso no serán los instintos los que provoquen la guerra: serán los que, amparados en una determinada posición social, manejan esos instintos. *(Nota del traductor.)*

cie tan afortunada en el dominio del mundo exterior que repentinamente se encuentra a sí mismo indefenso. Uno podría decir que nuestro córtex y nuestro paleo (nuestra «razón» y nuestros «instintos») están en desacuerdo. Juntos han creado un nuevo entorno social en el que, en vez de asegurar nuestra supervivencia, están a punto de conseguir lo contrario. El cerebro se encuentra seriamente amenazado por un enemigo que él mismo ha creado. Él es su propio enemigo. Nosotros simplemente tenemos que comprender a este enemigo.

Debo abandonar ahora la cuestión del control momento a momento de la lucha, y, mirando hacia atrás, volver al desarrollo de la conducta agresiva en el desarrollo individual. De nuevo partiremos del problema humano. Éste, en el contexto actual, plantea si está dentro de nuestras posibilidades controlar el desarrollo de tal forma que reduzcamos o eliminemos la lucha entre los adultos. ¿Puede o no puede la educación en el más amplio sentido de la palabra producir hombres no agresivos?

El primer paso en la consideración de este problema es de nuevo distinguir entre las influencias externas e internas; pero ahora debemos aplicar esto al crecimiento, al cambio de la maquinaria comportamental durante el desarrollo individual. Aquí de nuevo el modo en que expresemos nuestras preguntas y nuestras conclusiones es de la mayor importancia.

Con el fin de discutir este asunto fructíferamente, voy a empezar una vez más por considerarlo en un contexto más amplio, que es ahora el del problema de la «educación natural» con respecto al comportamiento en general. Esto ha sido discutido más a fondo por Lorenz en su libro *Evolución y modificación de la conducta;* para la discusión del punto de vista de los ambientalistas me referiré a varios trabajos de Schneirla.

Lorenz tiende a clasificar los tipos de comportamiento en innatos y aprendidos. Schneirla rechaza esta dicotomía en dos tipos de comportamiento. Señala que debería tomarse en consideración el proceso de desarrollo del comportamiento, igual que de otras funciones, y también que este desarrollo forma series enormemente complejas de interacciones entre el organismo en desarrollo y su entorno. He llegado gradualmente a la conclusión de que la clave de esta diferencia de criterio se encuentra en una diferencia en los objetivos de los dos autores. Lorenz afirma que «estamos justificados al dejar, al menos en el momento actual, al

cuidado de los embriólogos experimentales todas aquellas cuestiones que se refieran a las cadenas de causación fisiológica que llevan desde el genoma al desarrollo de... las estructuras neurosensoriales». En otras palabras, interrumpe deliberadamente desde el principio su análisis del desarrollo antes de la etapa en la que por primera vez se lleva a cabo un comportamiento totalmente coordinado. Si uno restringe de este modo su estudio a las etapas posteriores del desarrollo, entonces puede considerarse como bastante justificada una clasificación en comportamiento «innato» y «aprendido». Y hubo un tiempo, hace unos treinta años, en que la casi grotescamente ambientalista tendencia de la psicología hizo imperativo para los etólogos indicar en qué momento una pauta de comportamiento aparecería en forma perfecta o casi perfecta sin la ayuda de nada que pudiera llamarse propiamente aprendizaje. Pero ahora estoy de acuerdo (aunque con retraso) con Schneirla en que debemos extender nuestro interés hasta las primeras etapas del desarrollo y embarcarnos en un programa total de embriología experimental del desarrollo. Cuando tal hacemos, descubrimos que realmente, en las primeras etapas, pueden ocurrir interacciones con el entorno. Estas interacciones pueden afectar a pequeños componentes de la maquinaria completa de una pauta de comportamiento totalmente funcional, y posiblemente muchas de ellas no pueden llamarse aprendizaje. Pero hay interacciones con el entorno, y deben tomarse en cuenta si seguimos los pasos de los embriólogos experimentales, y extendemos nuestro campo de interés a toda la secuencia de hechos que llevan desde las copias impresas en el cigoto hasta el animal totalmente funcional. Simplemente, tenemos que hacer esto si queremos contestar a la pregunta de en qué medida puede influirse desde el exterior en el desarrollo del comportamiento.

Cuando seguimos este procedimiento, la rígida distinción entre pautas de comportamiento «innatas» o inmodificables y «adquiridas» o modificables se vuelve mucho menos aguda. Esto se debe al descubrimiento, por una parte, de que las pautas «innatas» pueden contener elementos que en una etapa temprana se desarrollaron en interacción con el ambiente, y por otra parte, que el aprendizaje está, de un paso a otro, limitado por restricciones impuestas internamente.

Para ilustrar el primer punto, me serviré del desarrollo de las células sensoriales de la retina del ojo. Knoll ha demostrado que los bastoncillos de los ojos de los renacuajos no pueden fun-

cionar adecuadamente a menos que antes hayan sido expuestos a la luz. Esto significa que, aunque ninguna respuesta visual de un renacuajo pueda, en su forma integrada, ser «innata» en el sentido de Lorenz, lo es solamente en el sentido de «no aprendida», aunque no en el de «haberse desarrollado sin interacción con el medio ambiente». Cullen ha demostrado que el espinoso macho criado en completo aislamiento desde el huevo exhibirá, de adulto, todo el comportamiento de lucha frente a los otros machos y todo el de cortejo frente a las hembras, cuando se enfrente con ellos por primera vez en su vida. Éste es un hecho cuya importancia se reconoce, y demostrador de que las distintas formas reconocidas de aprendizaje no entran en la programación de estas pautas integradas. Es una demostración de lo que Lorenz llama una «respuesta innata». Pero ello no excluye la posibilidad de que partes de la maquinaria así empleada puedan, en las primeras etapas, haber sido incluidas por el entorno, como en el caso de los renacuajos.

En segundo lugar, hay también pautas de comportamiento que aparecen en los animales inexpertos, pero en una forma incompleta y que precisan un desarrollo ulterior por medio del aprendizaje. Thorpe ha analizado un claro ejemplo de esto: cuando los jóvenes pinzones machos criados en aislamiento cantan por vez primera, su trino es muy imperfecto; se desarrolla hasta la canción completa solamente si, en cierta etapa sensible, las aves jóvenes han oido la canción completa de un macho adulto.

El aspecto más interesante con diferencia de estos intermedios entre el comportamiento innato y el adquirido es el hecho de que el aprendizaje no es indiscriminado, sino que es dirigido mediante cierta selectividad por parte del animal. Este hecho se había reconocido confusamente hace tiempo; los primeros etólogos observaban a menudo que especies diferentes, incluso estrechamente relacionadas, aprenden cosas diferentes hasta cuando desarrollan las mismas pautas de comportamiento. Esto ha sido subrayado por el uso por parte de Lorenz del término «mecanismo innato de enseñanza». Otros autores utilizan la palabra «molde» en el mismo sentido. El mejor ejemplo que yo conozco está una vez más tomado del desarrollo del canto de ciertas aves. Como ya he mencionado, algunos machos adquieren su canto completo cambiando su repertorio básico por comparación con el canto de los adultos, que han tenido que oír durante una etapa especial sensible, algunos meses antes de que ellos mismos canten. Es en este período sensible en el que adquieren, aunque todavía no hayan compuesto la canción, el conocimiento de «cuál es el canto al que debe parecerse». En términos técnicos, las aves forman un *Sollvert* (literalmente un «valor-ideal») gracias a la retroalimentación que reciben cuando oyen sus propios primeros intentos. Los experimentos han revelado que dichas aves, cuando empiezan a cantar, hacen tres cosas: escuchan lo que cantan, toman nota de las diferencias entre su retroalimentación y la canción ideal, y corrigen su siguiente intento.

Este ejemplo, si bien revela un mecanismo interno de enseñanza, revela al mismo tiempo que Lorenz tenía un concepto demasiado estrecho cuando acuñó el término «mecanismo innato de enseñanza». Las aves han desarrollado un mecanismo de enseñanza, pero aunque es realmente interno, no es innato; las aves lo han adquirido escuchando la canción de sus padres.

Estos ejemplos muestran que si los estudios de comportamiento quieren estar a la altura de los de la embriología experimental, nuestros fines, nuestros conceptos y nuestros términos deben ser continuamente revisados.

Antes de volver a la agresión, me gustaría elaborar un poco más los aspectos generales del desarrollo del comportamiento, porque ello podrá comprobar el valor de los estudios animales en otro contexto, el de la educación.

Los estudios comparados de diferentes especies animales, de diferentes pautas de comportamiento y de diferentes etapas del desarrollo, empiezan a sugerir que dondequiera que el aprendizaje entre a formar parte del desarrollo, es guiado por el *Sollwerte*, o modelado por la propia retroalimentación, que actúa reforzando. Y está claro que estos *Sollwerte* son de una desconcertante variedad. En la educación humana se subraya particularmente un aspecto, que incluso se aplica al uso de las máquinas de enseñar: la necesidad de que la recompensa, en orden a una eficacia máxima, sea inmediata. Skinner ha insistido tanto sobre esto porque en nuestra propia enseñanza hemos impuesto un retraso innatural entre, digamos, recoger la tarea realizada en casa y dar al alumno su recompensa en forma de nota. Pero podemos aprender más del estudio de los animales que la necesidad de una recompensa inmediata. El tipo de recompensa es también muy importante, y ésta puede variar de una tarea a otra, de una etapa a otra, de un momento a otro; la variedad de la recompensa puede ser casi infinita.

Debo discutir brevemente aquí un comportamiento del que

hasta ahora no he logrado encontrar un equivalente en el desarrollo estructural. Es el comportamiento de exploración. Con esto me refiero a un tipo de comportamiento por el que un animal amplía o adquiere tanta información sobre un objeto o una situación como puede. El comportamiento está completamente adaptado a su fin, y termina cuando la información ha sido almacenada, cuando el animal la ha incorporado a su conocimiento aprendido. Esta exploración (subjetivamente hablamos de «curiosidad») no está limitada a la adquisición de información sobre el mundo exterior; al menos los mamíferos exploran mucho sus propios movimientos, y de este modo «dominan nuevas habilidades». Y también, en esta conducta exploratoria, el *Sollwerte* de lo previsto, la realimentación de «lo que se esperaba» juega su papel.

Sin entrar en más detalles, podemos caracterizar el aspecto, que ya empezamos a deducir, del desarrollo del comportamiento como una serie, o más bien una trama, de sucesos que comienzan con la programación innata de instrucciones contenidas en el cigoto, el cual empieza a interactuar directamente con el entorno; esta interacción puede ser discontinua, alternando períodos de desarrollo predominantemente interno con períodos de interacción, o períodos sensibles. La interacción se ve activada por la exploración activa; está guiada por *Sollwerte* selectivos de gran variedad; y paso a paso este proceso se ramifica; uno tras otro se van incorporando niveles de complejidad creciente al programa.

Apliquemos esto a un niño que juega (naturalmente, yo no hago demasiadas distinciones entre «juego» y «aprendizaje»). A cierta edad el niño empieza a usar, pongamos por caso, un juego de arquitectura. Al principio lo manejará de distintos modos, uno cada vez. Cada modo de manipulación actúa como conducta exploratoria: el niño aprende qué aspecto tiene un bloque, lo siente, lo prueba, etc., y también aprende cómo colocarlo de forma que se tenga en pie.

Cada una de estas etapas «se agotan» cuando el niño sabe lo que quería averiguar. Pero a medida que el desarrollo avanza, se añade un nuevo nivel de exploración: el niño descubre que puede colocar un bloque encima de otro; empieza a construir. El nuevo descubrimiento lleva a la repetición y a la variación, por lo que cada niño desarrolla, en alguna etapa, un deseo y un conjunto de *Sollwerte* para tal efecto de construcción, y actúa hasta agotar este nuevo nivel de comportamiento exploratorio. Además,

ya en esta etapa, el *Sollwerte* o ideal no abarca simplemente a lo que son los bloques, sino también, por ejemplo, a cómo actúa la madre; su aprobación, su alegría compartida, son también de gran importancia. Igual que un animal explorador, el niño construye una especie de pirámide invertida de experiencia, hecha de capas, cada una de ellas ampliada por una nueva ola de exploración y cada una de ellas dirigida por nuevos conjuntos de *Sollwerte*, y así su desarrollo «aumenta como una bola de nieve». Todas estas fases pueden tener períodos sensibles más o menos limitados, que determinen cuándo puede obtenerse el efecto más completo, y cuándo el niño está preparado para el siguiente paso. Y lo que aún es más importante: si la oportunidad para la siguiente fase se presenta demasiado pronto o demasiado tarde, el desarrollo puede resultar perjudicado, incluido el desarrollo de las actitudes motivacionales o emocionales.

Desde luego, los buenos maestros sabían estas cosas, o algunas de ellas, desde hace muchas generaciones, pero no llegaron a sistematizarse completa y científicamente estas visiones intuitivas. En la educación humana, ello incluiría la experimentación, por supuesto. Esto no debe preocuparnos demasiado, porque en nuestra búsqueda de mejores procedimientos educativos estamos, de hecho, experimentando sobre nuestros niños todo el tiempo. Además, y por suerte, los niños son increíblemente elásticos, y la mayoría de ellos llegan a adultos aceptables a pesar de nuestros torpes esfuerzos educativos. Pero desde luego, hay un límite a lo que nos podemos permitir, y me gustaría recalcar que es aquí donde los estudios con los animales pueden adquirir aún más importancia de la que ya tienen.

Volviendo ahora al desarrollo de la agresión animal o humana, espero haber puesto en claro al menos varias cosas: que el desarrollo del comportamiento es en realidad un fenómeno muy complejo; que solamente hemos empezado a analizarlo en los animales; que con respecto al hombre estamos, en el mejor de los casos, retrasados en comparación con los estudios animales; y que no puedo hacer otra cosa sino repetir lo que dije al principio: es preciso un mayor esfuerzo de investigación. En este esfuerzo pueden resultar útiles los estudios de animales, pero aún estamos muy lejos de esbozar conclusiones muy definidas referentes a nuestra pregunta: ¿En qué medida seremos capaces de hacer al hombre menos agresivo mediante la utilización del entorno, esto es, con procedimientos educativos?

En esta situación, naturalmente, las opiniones personales

serán muy variadas. No dudo en dar mi opinión particular de que el libro de Lorenz *Sobre la agresión,* a pesar de ciertas reservas que albergo sobre él y a pesar de las muchas posibilidades de malinterpretación debidas a la falta de un lenguaje común entre los estudiosos del comportamiento, debe tomarse más en serio de lo que muchos críticos lo han tomado, como una contribución positiva a nuestro problema. En mi opinión, Lorenz tiene razón al declarar que la supresión por medio de la educación del impulso interno de lucha revelará ser muy difícil, si no imposible.

Todo lo que he dicho hasta ahora parece llevarme a una sola conclusión: aparte de hacer todo lo posible para volver a una densidad de población razonable, aparte de interrumpir el progresivo agotamiento y contaminación de nuestro hábitat, debemos continuar el estudio biológico del comportamiento animal para clarificar problemas del comportamiento humano tan importantes como el de nuestra agresión y el de la educación.

Pero la investigación lleva mucho tiempo, y debemos recordar que algunos expertos pronostican hambre en todo el mundo de aquí a diez o veinte años; y que tenemos bastantes armas como para aniquilar toda la vida humana sobre la tierra. Cualquiera que sea la causa de nuestra agresión, el hecho es que por el momento contamos con ella. Esto significa que hay necesidad urgente de un programa intensivo para hallar las vías y los medios de mantener a raya nuestra agresión intergrupo. Por supuesto, ello es en la práctica infinitamente más difícil que controlar nuestros conflictos internacionales; por ahora no tenemos una fuerza policial verdaderamente internacional. Pero hay esperanza de evitar una guerra de exterminio total porque, por primera vez en la historia, tenemos miedo de matarnos a nosotros mismos, por los efectos radiactivos letales de las bombas que dejásemos caer en territorio enemigo. Nuestros políticos lo saben. Y siempre que exista esta esperanza, hay una razón para ensayar y aprender todo lo que podamos de los estudios animales. Una vez más pueden resultarnos útiles. Ya hemos visto que los adversarios animales que se enfrentan en un encuentro hostil, evitan el derramamiento de sangre utilizando las expresiones de sus conflictos motivacionales como señales de intimidación. Los etólogos han estudiado tales movimientos conflictivos con algún detalle, y han averiguado que son de varios tipos. El más instructivo de ellos es el ataque desviado: en lugar de atacar al adversario que lo provoca, ya atemorizado, el animal ataca frecuentemente algo distinto, a veces hasta un objeto inanimado. Nosotros mismos damos un puñetazo en la mesa. La desviación presupone algo semejante a la sublimación, término que confiere un juicio de valor a dicha desviación. Como especie con territorio de grupo, los hombres, igual que las hienas, se unen cuando se enfrentan a un enemigo común. Nosotros sublimamos ya nuestra agresión de grupo. Los holandeses se sienten unidos en su lucha contra el mar. Los científicos afrontan sus problemas en común. El programa espacial —ciertamente un esfuerzo esencialmente militar— es un ejemplo actual. No me gustaría declarar, como hace Lorenz en su libro, que el ataque desviado agota el impulso agresivo. Sabemos por los encuentros de fútbol y por los trabajos sobre animales, que el comportamiento tiene dos efectos simultáneos pero opuestos: un efecto de declinación, y otro de autoinflamación, de histeria de masas, como se ha observado recientemente en El Cairo. Entre estos dos, suele ganar el efecto inflamatorio. Pero si la agresión se utiliza con éxito como fuerza motivacional que sustente actividades no mortíferas e incluso útiles, la autoestimulación no tendrá por qué ser un peligro; en nuestro remedio a corto plazo no nos proponemos la eliminación de la agresividad, sino «extraer el veneno de ella».

De todas las actividades sublimadas, la investigación científica parecería ofrecer las mejores oportunidades para desviar y sublimar nuestra agresión, y una vez hayamos reconocido que es la relación destructiva entre nuestro propio comportamiento y nuestro entorno la que constituye nuestro más mortal enemigo, ¿qué mejor que unirnos, al frente o a la retaguardia, en el ataque científico de nuestros propios problemas de comportamiento?

Subrayo «a la retaguardia». Toda la población debería sentirse partícipe en la batalla. He aquí por qué los científicos tendrán siempre el deber de informar a sus congéneres sobre lo que están haciendo, sobre la relevancia y la importancia de su trabajo. Y esto no es sólo un deber, también puede proporcionar una intensa satisfacción.

He completado el círculo. Tanto para los remedios a largo como a corto plazo, al menos los científicos tendremos que sublimar nuestra agresión en un ataque total contra el enemigo interno. Para ello, el enemigo debe ser reconocido como lo que es: nuestro propio ser desconocido o, profundizando más, nuestro rechazo a admitir que el hombre es un desconocido para sí mismo.

ÍNDICE

PRÓLOGO 5

NOTAS SOBRE LOS AUTORES 9

NOTA DEL EDITOR INGLÉS 13

Konrad Lorenz
La evolución de la conducta 17

Konrad Lorenz
La formación de parejas en el cuervo 35

Bernhard Grzimek
Sobre la psicología del caballo 57

Karl von Frisch
La comida de los animales 69

Erich von Holst
Técnicas de vuelo animales y humanas 77

Sven Dijkgraf
Una excursión a través del mundo sensorial
de los animales 85

Hansjochem Autrum
Limites operacionales de los órganos de los sentidos
de los animales 95

Erich von Holst
Los fisiólogos y sus animales de experimentación 103

Hansjochem Autrum
La red de comunicaciones del cuerpo humano 111

Otto Koehler
Prototipos de sistemas de comunicación humanos
en animales 119

Otto Koehler
Pensamiento no verbal 131

Otto Koehler
Azar, necesidad y planificación en el universo
viviente 143

N. Tinbergen
Guerra y paz en los animales y en el hombre 163

EX LIBRIS Scan Digit



The Doctor

http://thedoctorwho1967.blogspot.com.ar/

http://el1900.blogspot.com.ar/

http://librosrevistasinteresesanexo.blogspot.com.ar/